المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تخصص التقنية المدنية

إنشاءات معدنية

٢٥٦ مدن

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **إنشاءات معدنية** " لمتدربي تخصص " **التقنية المدنية**" في الكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

تعتبر الإنشاءات المعدنية من أكثر المنشآت شيوعا بعد الخرسانة المسلحة حيث يكثر استخدامها في المنشآت الهامة كالجسور و المباني العالة و حظائر الطائرات و الاوناش و الصالات و الأنفاق...الخ. و تتميز الإنشاءات المعدنية بسرعة إنشائها و مدى تحملها للإجهادات العالة.

تهدف حقيبة الإنشاءات المعدنية إلى إعطاء متدربي الكلية التقنية، تخصص تقنية مدنية، المبادئ الأساسية للإنشاءات المعدنية ومن خلالها يتعرف المتدرب على مختلف أنواع المقاطع الفولاذية لعناصر التشييد في المنشآت المعدنية، و معرفة مبادئ التصميم الإنشائي، كما يتعرف على مختلف أنواع البراغي و اللحام و بعض التفاصيل الخاصة بالوصلات الفولاذية و مبادئ تصميمها عند أماكن ارتكاز المنشآت المعدنية على الأساسات.

و بعون الله و توفيقه نأمل أن تكون بمثابة مرجع يمكن أن يزود المتدربين بمعلومات ضرورية في هذا المجال. و تحتوي هذه الحقيبة على عشرة وحدات موزعة كالتالي:

- يتضمن الوحدة الاولى الحديد و الفولاذ و التي تحتوي على صناعة الحديد و الفولاذ ،و منتجات الحديد و الفولاذ ،و الصلب الإنشائي و العناصر الداخلة في تركيبه، و قطاعات الصلب الإنشائية.
- تشمل الوحدة الثانية المنشآت الفولاذية و الذي يحتوي على أنواع المنشأت الفولادية و مميزاتها و عيوبها و أنواع الأحمال على المنشآت الفولاذية.
- يتعرض الوحدة الثالثة إلى المنشآت الصناعية و متعددة الطوابق من حيث النظم الإنشائية الرئيسة و عناصر و مكونات المنشأ الفولاذي ونظم التدعيم لمقاومة أحمال الرياح و طريقة انتقال الأحمال.
- تتناول الوحدة الرابعة مبادئ التصميم الإنشائي للأعضاء الفولاذية كالحواص الميكانيكية للصلب الإنشائي و نظريات التصميم المختلفة و معامل الأمان و تصميم الأعضاء المعرضة إلى قوى الشد ،و قوى الضغط المحورية ،و قوى القص و عزم الانحناء، و قوى محورية و قص و عزوم الانحناء.
- وتتضمن الوحدة الخامسة و السادسة كل من الوصلات ذات المسامير و الوصلات باللحام.
- وتشمل الوحدة السابعة وصلات الارتكاز للمنشآت الفولاذية.
- وتتضمن الوحدة الثامنة مخططات مشاريع المنشآت الفولاذية.

- وتتناول الوحدة التاسعة أعمال تجهيز العناصر الإنشائية الفولاذية كطرق القطع و التشكيل و عمل الثقوب و تجميع الأعضاء و تجهيز السطح الخارجي و جودة التنفيذ.
- وتتطرق الوحدة العاشرة و الأخيرة أعمال تشييد المنشآت الفولاذية.

و قد زودت الحقيبة في آخرها بعدد من المراجع التي استقيت منها بعض المعلومات و الأفكار و زودت كذلك بملحق يضم خواص قضبان الفولاذ العيارية.

و في الأخير نرجو من الله العلي القدير أن يسدد خطانا و أن يجعل في هذه الحقيبة النفع الكثير و نأمل إن نكون قد وفقنا في إعدادها و قدمنا ما يفيد المتدربين و العاملين في الإنشاءات المعدنية

إنشاءات معدنية

الحديد و الفولاذ

الوحدة الاولى : الحديد و الفولاذ

الجدارة : معرفة مختلف الوحدات الدولية و أصناف المنشآت الفولاذية و مميزاتها و عيوبها و كذلك أنواع و خواص الفولاذ المستخدم في المنشآت المعدنية.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على صناعة الحديد و الفولاذ.
- تتعرف على منتجات الحديد و الفولاذ.
- تتعرف على الصلب الإنشائي و العناصر الداخلة في تركيبه.
- تتعرف على قطاعات الصلب الإنشائية.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

ساعتان.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

الحديد و الفولاذ

١. مقدمة

إن سرعة انتشار و استعمال الفولاذ في شتى المجالات يتطلب تطوير التقنيات الحديثة القادرة على معرفة سلوك المنشآت تحت تأثير الأحمال و المحيط الخارجي و تحليل الإجهاد الناتج عن تلك الأحمال. فبفضل الإنشاءات الفولاذية استطاع الإنسان أن يخترق السحاب بإنشائه للمباني العالة و التي لقبت بناطحات السحاب كذلك استطاع إيصال المدن ببعضها بفضل الجسور الطويلة و التي أنشئت باستعمال الفولاذ. ففي عصرنا هذا أصبحت المنشآت المعدنية من أكثر المنشآت استعمالا حيث انتشرت في شتى المجالات الهندسية بسرعة كبيرة وفي المنشآت الهامة مثل:

- الجسور.
- المباني و الأبراج.
- الأنفاق.
- حظائر الطائرات.
- الصالات الرياضية ...إلخ.

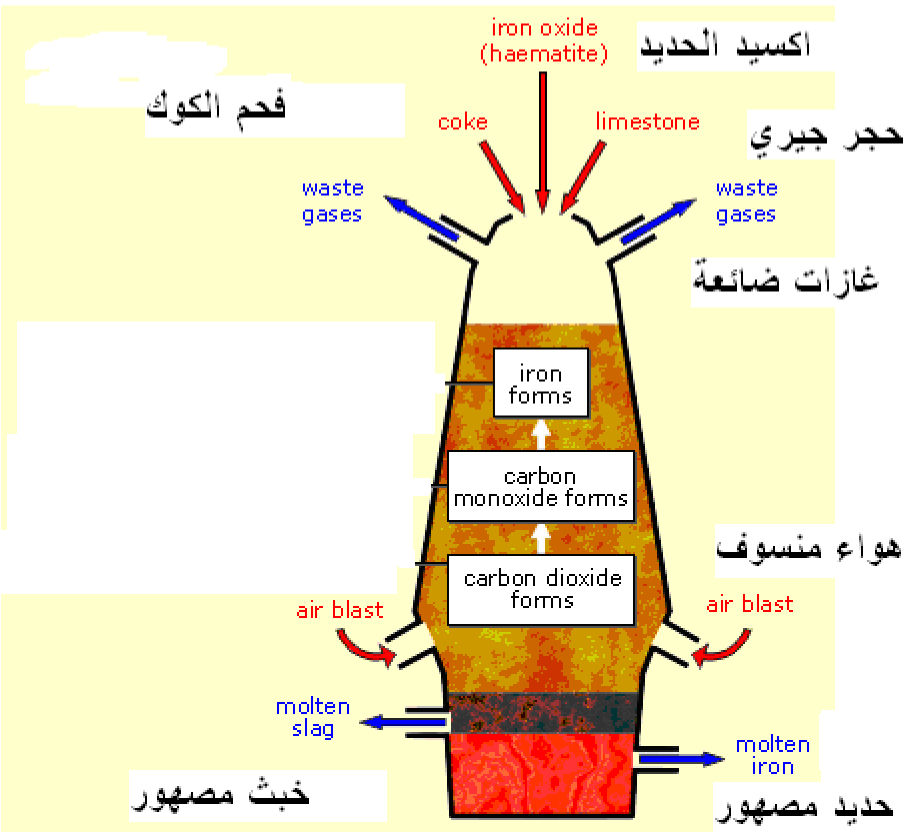
٢. صناعة الحديد و الفولاذ:

يتم تصنيع الحديد باستخدام الفرن العال حيث يتم خلط خام الحديد و فحم الكوك و الحجر الجيري و يدفع هواء ساخن بشدة فيتم اشتعال الفحم و يستخلص الحديد في قوالب و يحتوي على نسبة ٢- ٤٪ كربون ثم يتم تنقية الخام من الشوائب الضارة مثل الكبريت مع تقليل نسبة الكربون و إضافة مواد لتحسين خواص الصلب و تستخدم المحولات أو الأفران المفتوحة أو الأفران الكهربائية للحصول على الصلب و يحتوي الصلب الإنشائي على نسبة من الكربون تتراوح ما بين ٠,١٪ إلى ٠,٣٪ و يضاف المنغنيز و الموليبدنم و الفانيدنم و الكروم و النيكل و النحاس بنسب متفاوتة لتحسين خواص الصلب الإنشائي.

- الفرن العال

الفرن العال وسيلة الإنتاج الرئيسة للحديد في القرن الحالي و بعد عقود من التطور أصبح وسيلة عالة الكفاءة ويوضح الشكل (1.1) الفرن العال وأجزاءه الرئيسة كما يوضح التفاعلات الكيمائية الخاصة به.

يستخدم الفرن العال في إنتاج الحديد الغفل الذي يدخل بعد ذلك إلى المحولات لإنتاج الصلب أو إلى الأفران الكهربائية لإنتاج الصلب والسبائك الحديدية، و يعمل الفرن العال على حسب نظرية التيارين المتضادين حيث تهبط الشحنة من أعلى بينما يتم نفخ الهواء أو الغاز المختزل من أسفل إلى أعلى.



شكل 1.1 : يوضح الفرن العال وتفاعلاته

شحنة الفرن العال

- **خام الحديد**: اللبيد(SINTER) او المكورات وعادة خام الحديد يحتوى على نسبة مابين ٥٠:٦٥ ٪ من الحديد حيث تجري عليه عملية التلبيد أو التكوير.
- **فحم الكوك**: وهو الناتج من الأفران بعد تبريده تبريداً سريعاً بالماء ثم تجفيفه.

- **الحجر الجيرى والدولوميت**: حيث يعملان على خفض درجة انصهار الخام والاتحاد مع الشوائب كما يعملان على تعادل حامضية بطانة الفرن حتى لاتتآكل وإنتاج ثاني اوكسيد الكربون الذي يتحد مع الكربون الموجود في فحم الكوك وينتج اول اوكسيد الكربون الذي يقوم باختزال أكاسيد الحديد.
- الإضافات الأخرى وأحيانا الخردة.

التفاعلات التي تحدث داخل الفرن العال

تصل درجة الحرارة في أعلى الفرن إلى ٢٣٠ درجة وهي غير كافية لبدء عملية الاختزال إلا أنها كافية لامتصاص الرطوبة التي في مواد الشحنة ويحترق الكوك احتراقا شديدا بمجرد أن يلامس تيار الهواء الساخن في الجزء الاوسط ويوفر الكربون اللازم لاختزال الخام ويكون ثاني اوكسيد الكربون الناتج غير ثابت بسبب وجود الكربون في الكوك بكمية كبيرة لذلك فإنه يتفاعل مع الكربون ويكون اول اوكسيد الكربون ويصعد إلى مدخنة الفرن ويختزل معظم أكاسيد الحديد اختزالا غير مباشر وعند درجة ٤٠٠ يتم تخلل الماء المتبلور في الخام والتخلص منة والاختزال المباشر يتم بواسطة الكوك في الجزء الأسفل من الفرن وهو الأكثر حرارة حيث تبلغ درجة الحرارة أكثر من ١٣٠٠ درجة مئوية وكلما زادت الثقوب في الخام كلما ارتفعت درجة الحرارة وزادت سرعة التفاعلات الكيميائية وفي منتصف الفرن تقريبا يبدأ الحجر الجيري في التفاعل مع الشوائب في خام الحديد والكوك ويبدا الخبث في التكون في درجة حرارة حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية عندما يكون الحديد قد اختزل إلى حديد إسفنجي وفي قاع الفرن تنصهر الشحنة لجميع مكوناتها باستثناء الكوك الذي يتفاعل جزء منه مع الأكاسيد التي لم تختزل وتصل درجة الحرارة إلى ٢٥٠٠ درجة مئوية ويطفو الخبث فوق الحديد الغفل وذلك لأن وزنه النوعي أقل من الحديد الغفل وتتخلص العناصر الأخرى التي في الشحنة مثل المنجنيز والسيليكون والفسفور من الاوكسجين وتذوب في المعدن الساخن وغالبا يكون الكبريت متواجداً في الكوك ويصبح حارا عندما يحترق البلوك ونظرا لأن ميل الكبريت للاتحاد مع الحديد كبير لذلك ينبغي العمل على التخلص منه بواسطة عامل مساعد صهر قلوي (Flux) وهو عادة الجير (اوكسيد كالسيوم) الذي يتفاعل مع الكبريت في درجات الحرارة العالة ويتحد الكالسيوم مع الكبريت.

٣. منتجات الحديد و الفولاذ

منتجات الحديد و الفولاذ تنتج عن طريق الفرن العال و تعطي المواد التالية:

- **المحـولات**

بعد إنتاج الحديد الغفل يتم التعامل معه بالتكنولوجيات الاتيه والتي تستخدم لصناعة الصلب

١- محول بسمر القاعدي ٢- محول بسمر الحامضي ٣- المحول الأكسجيني

٤- الفرن المفتوح ٥- الفرن الكهربائي

وهذه الطرق لا تحل واحدة منها محل أخرى لأن كل طريقة لها منظومات مساعدة مختلفة وتتعامل مع مواد خام بنسب مختلفة وتستخدم مصادر مختلفة للطاقة وتخضع اقتصادياتها لعوامل مختلفة.

- **الغازات** : تنتج غازات بمعدل ٤٠٠٠ متر مكعب /طن حديد وتستعمل الغازات في إنتاج بخار الغلايات وتسخين أفران التكويك وفي تسخين الهواء الداخل إلى الفرن.

- الخبث : يتكون من خام حديد ورماد الفحم وأكاسيد الشوائب ويعالج ثم يستعمل في رصف الشوارع وفي صناعة الإسمنت وأحجار بناء وإذا تم تبريده بالماء مباشرة يستخدم كعازل حراري.

- **الحديد الغفل** : ويحتوى على كربون من ٥ ٪ إلى ٨ ٪ ويدخل إلى المحولات للتنقيب وإنتاج الصلب.

- أهم أنواع الحديد الغفل (الجدول 1.1) :

الجدول 1.1 : أهم أنواع الحديد الغفل

	كربون	سيليكون	منجنيز	فسفور	كبريت
خام حديد توماس	٣.٥	.٥	١	٢	.٠٥
خام حديد صلب	٤	١	٦.٢	٥.٢	.٠٤
خام حديد اسبنك	٣	٣	١	١	. ٦

و أكثر منتجات الحديد من حيث محتوى الكربون هي :

- الحديد المطاوع (حديد مليف: له جسيمات ليفية المظهر) Wrought Iron

نسبة الكربون فيه أقل من 0.1%

- حديد غفل (كتل مصبوبة من حديد الزهر) Pig Iron

نسبة الكربون فيه تتراوح بين أقل من ٪2 و ٪4 و تتوفر هذه النسبة أثناء انصهار الفولاذ بالفرن والتي يجب أن يعاد انصهارها لنزع المواد غير المرغوب فيها.

- حديد الزهر (حديد الصب) Cast Iron

نسبة الكربون فيه أقل من **%**2 إلى **%**4 ومصنوع من حديد الصب القاسي.

- الفولاذ الصلب Steel

نسبة الكربون أقل من **%**2.

٤. الصلب الإنشائي و العناصر الداخلة في تركيبه

بدأ استخدام الحديد كعنصر إنشائي و ذلك باستعمال حديد الزهر (Cast Iron) في إنشاء الجسور ببريطانيا ما بين ١٧٨٠م و ١٨٢٠م. بعد ذلك استبدل حديد الزهر بالحديد المطاوع (Wrought Iron) وذلك عام ١٨٤٠م. وعرف تطور الصلب الإنشائي بتطور محولات بسمر و الأفران لإنتاج الحديد. ويوجد حديد الكربون (Carbon Steel)على أربعة أنواع و هي :

- حديد منخفض الكربون low Carbon

نسبة الكربون أقل من 0.15%

- حديد عادي الكربون Mild Carbon

نسبة الكربون تتراوح ما من 0.15% إلى 0.29%

- حديد متوسط الكربون Medium Carbon

نسبة الكربون تتراوح من % 0.30 إلى 0.59%

- حديد عال الكربون High Carbon

نسبة الكربون تتراوح من % 0.60 إلى 1.7%

و يسمى كل نوع من الحديد بالرقم الدال على قيمة الإجهاد الأقصى فمثلاً فولاذ الإنشاء 37 طبقاً للمواصفات الألمانية يدل على أن قيمة الإجهاد الأقصى هي 37 كجم/ مم[٢]

توصف أنواع الحديد الصلب حسب مكوناتها الكيميائية كما يلي:

أ- الصلب القابل للطرق mild steel
ب- السبيكة الصلب المنخفضة low alloy steel
جـ- السبيكة الصلب المرتفعة high alloy steel

وتحتوي كل أنواع الصلب على خليط من العناصر غير الحديدية والتي تحدد كمياتها في الحديد صفات ومواصفات الصلب كمنتج نهائي ولكن يبقى الكربون كأهم عنصر يدخل في صناعته حيث إنه في النهاية العنصر الأساسي الذي يميز الصلب عن الحديد الخام.

وأغلب الصلب المستخدم في صناعة المباني يكون من نوعين:

- صلب 37 st.37 mild steel
- صلب 52 st.52 low alloy steel

و حسب المواصفات الأمريكية ASTM هناك أربعة أنواع من الحديد و هي :

الحديد(الصلب) منخفض الكربون ويسمى أيضا الصلب الطري Carbon steel

A36 إجهاد الخضوع (Yield Stress) $F_y = 248 Mpa = 36 ksi$

- حديد (صلب) عال المقاومة (High Strength,low Alloy)

A 572 $F_y = 448 Mpa = 65 ksi$

- حديد (صلب) مع مزيج (Alloy steel)

A 514 $F_y = 689.5 Mpa = 100 ksi$

- حديد (صلب) غير قابل للصدأ (Corrosion resistant High Strength)
A 588 $F_y = 344Mpa = 50ksi$

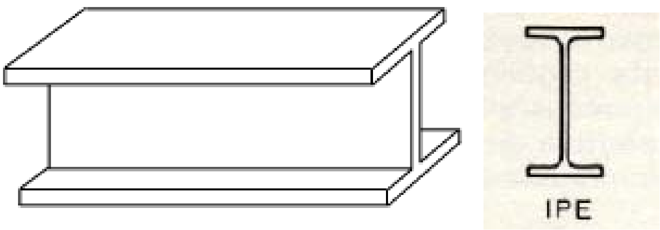
٥. قطاعات الصلب الإنشائية

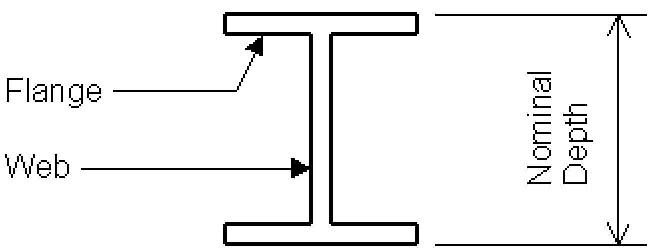
يتم إنشاء منشآت الفولاذ من القطاعات المدلفنة على الساخن و كذلك القطاعات المدلفنة على البارد حيث تنتج القطاعات بمرور الكتل خلال معامل الدلفنة حتى تصل إلى السمك والأبعاد القياسية.
و تعطى جداول لكل قطاع يبين مقاسات القطاع و خصائص المساحة و مركز الثقل و اتجاهات المحاور و عزوم القصور الذاتية و أنصاف أقطار القصور و غيرها.
و تنتج القطاعات المدلفنة على الساخن في صور شتى.

- **قطاعات الصلب الإنشائية** Structural steel Sections

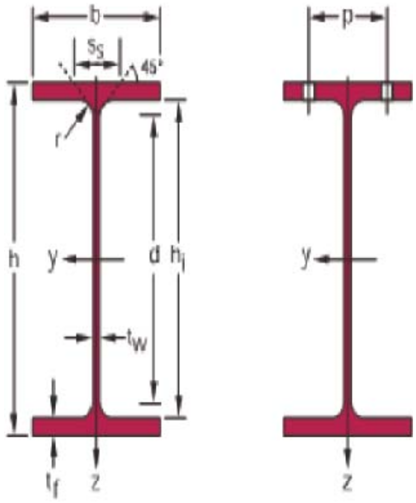
أ- **القطاعات المدلفنة على الساخن** Hot–rolled sections

1- قطاعات حرف (I) IPE & IPB sections





على سبيل المثال و حسب المواصفات الاوروبية Euronorm 19-57
فإن IPE 160



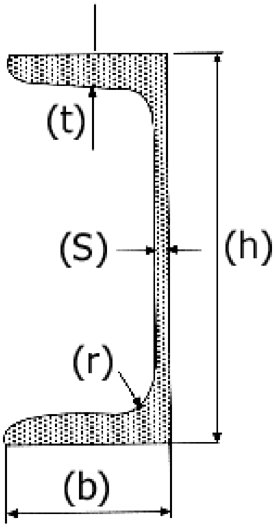
و الجدول التالي يبين بعض خصائص القطاع المذكور.

IPE 160	h (mm)	b (mm)	t_w (mm)	t_f (mm)
	160	82	5	7.4
	ارتفاع العصب	العرض	سمك العصب	سمك الشفة

2- قطاعات مجرى channel sections (U)

على سبيل المثال و حسب المواصفات الألمانية DIN EN 10025, 17100

- كمر مجرى مدلفنة على الساخن من : ٦ X ٤٥ X ٨٠ مم إلى ١٠ X ٩٠ X ٢٦٠ مم .



h = hight web(ارتفاع العصب)

b = width (العرض)

s = web thickness (سمك العصب)

t = flange thickness (سمك الشفة)

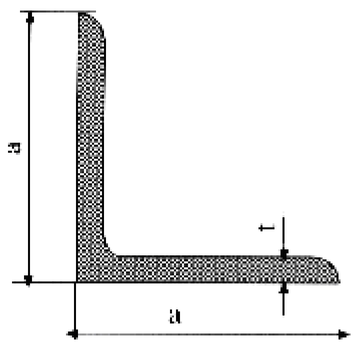
r = radius (نصف القطر)

الارتفاع h مم	العرض b مم	التخاني s مم	سمك شفه t مم	نصف القطر r مم
80	**45**	**6.0**	**8.0**	**8.64**
100	**50**	**6.0**	**8.5**	**10.6**
120	**55**	**7.0**	**9.0**	**13.4**
140	**60**	**7.0**	**10.0**	**16.0**
160	**65**	**7.5**	**10.5**	**18.8**
200	**75**	**8.5**	**11.5**	**25.3**
260	**90**	**10.0**	**14.0**	**37.9**

العصب		
التجاوز المسموح	(ارتفاع العصب) hمم	
حد أقصى مم	حتى	من
0.5	100	-
1.0	200	100
1.5	400	200

- زوايا متساوية مدلفنة على الساخن : ٣٠×٣٠×٤ مم

على سبيل المثال و حسب المواصفات الألمانية DIN EN 10025, 17100



طول الضلع = a

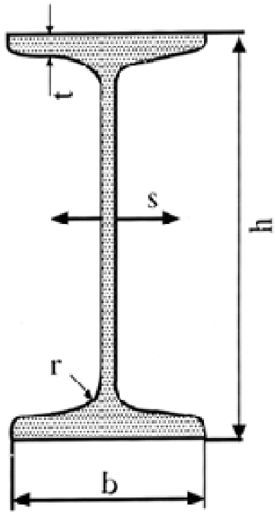
التخانة = t

طول الضلع a مم	التخانة t مم	الوزن كجم / م
30	**4**	**1.78**

- كمر عادة مدلفنة على الساخن :

مقاس ١٢٠ × ٥٨ × ٥ مم

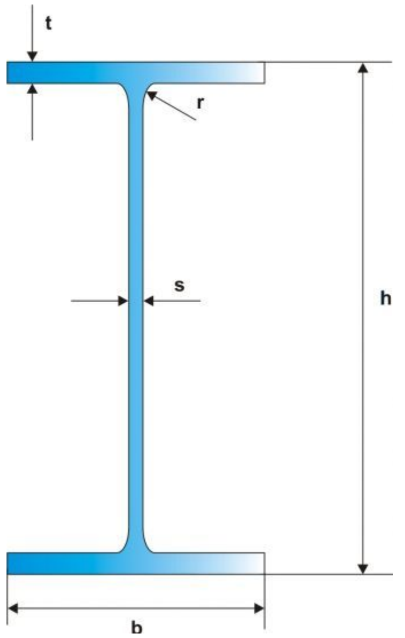
- حسب المواصفات الألمانية DIN EN 10025, 17100



سمك العصب مم s	الوزن كجم/م	دوران الشفة مم r	سمك الشفة مم t	الشفة مم b	الإرتفاع مم h
5.1 ± 0.5	**11.1**	**5.1**	**7.7± 0.5**	**58 ± 1.5**	**120± 2**

- كمرة قياسية IPN حسب المواصفات الألمانية و الاوروبية.

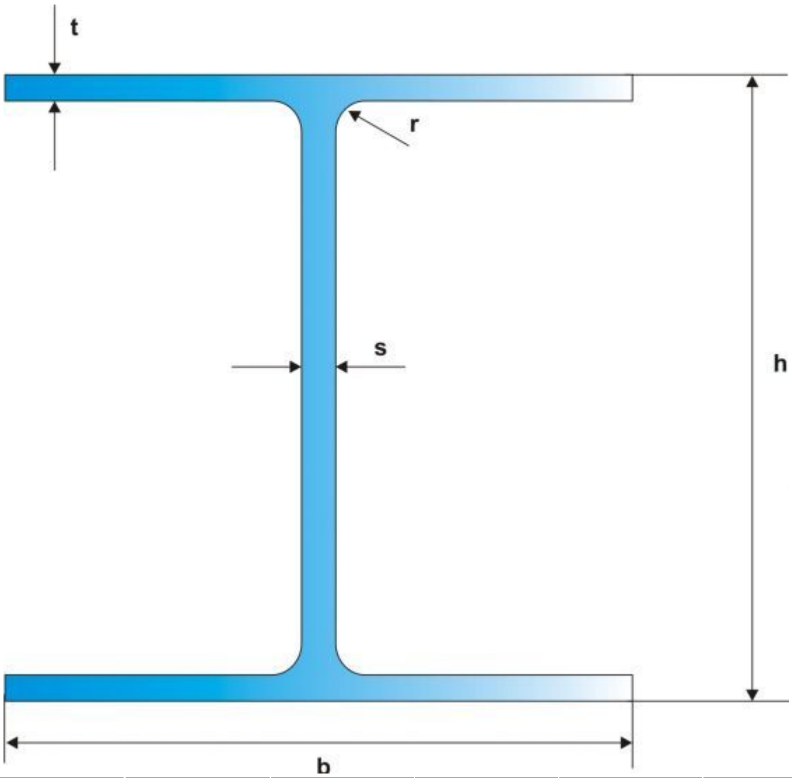
Profiles IPN according to the following standardsDIN 1025-1:1995; EN 10024:1995



Type	الأرتفاع h	عرض الشفة b	سمك العصب s	سمك الشفة t	نصف القطر r	وزن لكل ١ متر mass of 1 meter
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]
IPN 80	80	42	3,9	5,9	3,9	5,94
IPN 100	100	50	4,5	6,8	4,5	8,34
IPN 120	120	58	5,1	7,7	5,1	11,1
IPN 140	140	66	5,7	8,6	5,7	14,3
IPN 160	160	74	6,3	9,5	6,3	17,9
IPN 180	180	82	6,9	10,4	6,9	21,9
IPN 200	200	90	7,5	11,3	7,5	26,2
IPN 220	220	98	8,1	12,2	8,1	31,1
IPN 240	240	106	8,7	13,1	8,7	36,2
IPN 300	300	125	10,8	16,2	10,8	54,2
IPN 340	340	137	12,2	18,3	12,2	68
IPN 360	360	143	13	19,5	13	76,1
IPN 400	400	155	14,4	21,6	14,4	92,4
IPN 450	450	170	16,2	24,3	16,2	115
IPN 500	500	185	18	27	18	141
IPN 550	550	200	19	30	19	166

- أعمدة قياسية حسب المواصفات البريطانية BS4: Part1: 1993

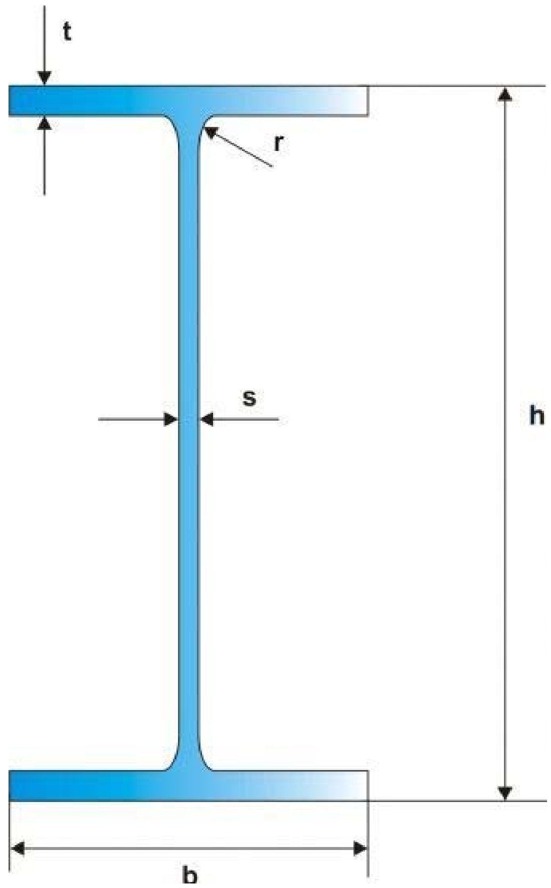
Universal Columns



Type	h	b	s	t	r	mass of 1 meter
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]
UC 152x152x23	152,4	152,2	5,8	6,8	7,6	23
UC 152x152x30	157,6	152,9	6,5	9,4	7,6	30
UC 152x152x37	161,8	154,4	8	11,5	7,6	37
UC 203x203x46	203,2	203,6	7,2	11	10,2	46,1
UC 203x203x52	206,2	204,3	7,9	12,5	10,2	52
UC 203x203x60	209,6	205,8	9,4	14,2	10,2	60
UC 203x203x71	215,8	206,4	10	17,3	10,2	71

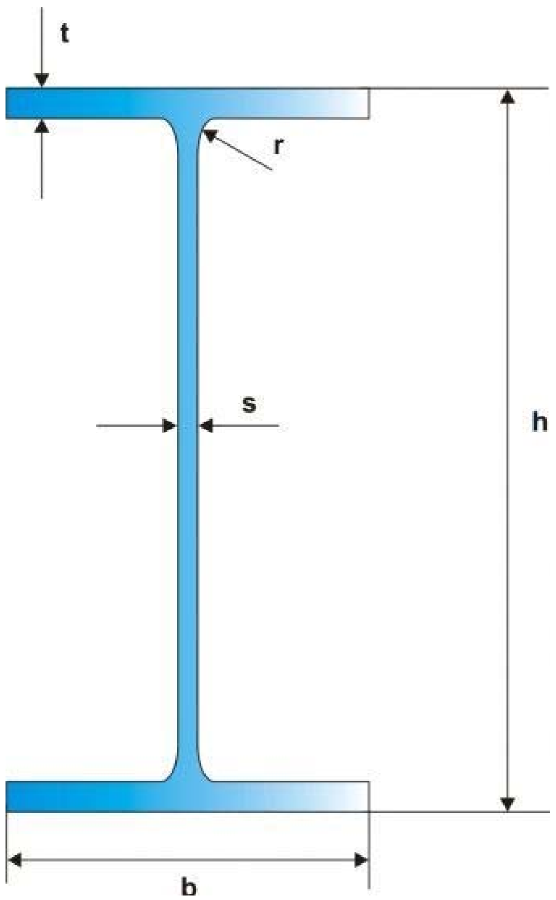
- كمرات قياسية حسب المواصفات البريطانية BS4: Part1: 1993

Universal Beams

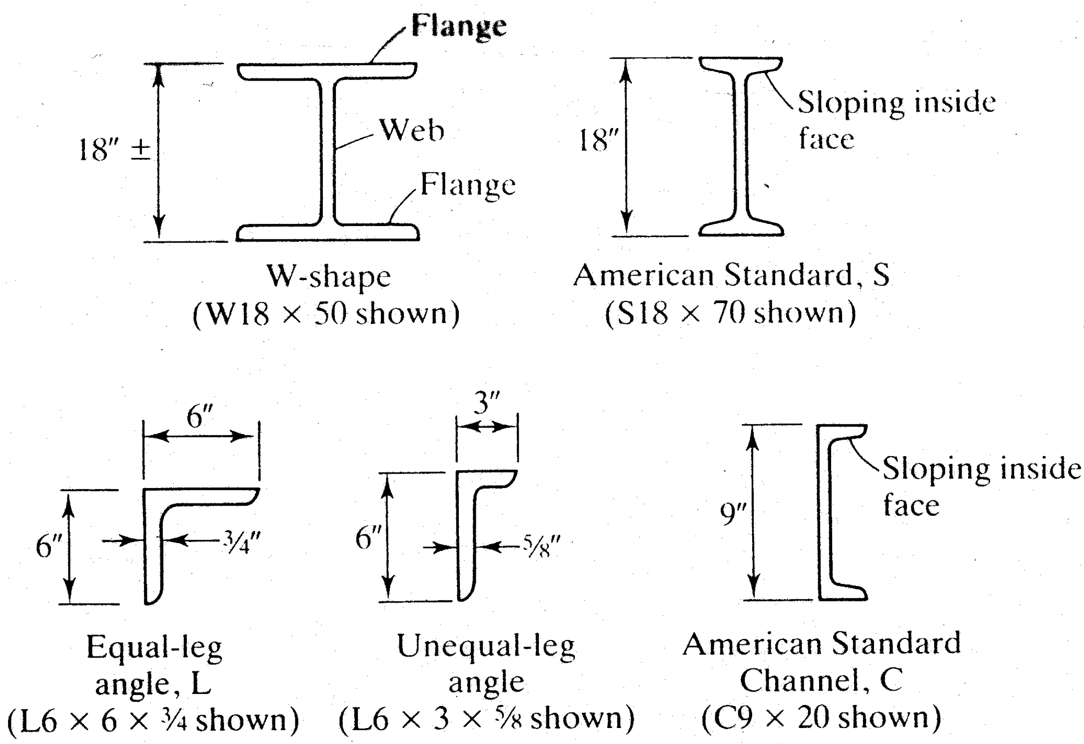


Type	h	b	s	t	r	mass of 1 meter
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]
UB 203x133x25	203,2	133,2	5,7	7,8	7,6	25,1
UB 203x133x30	206,8	133,9	6,4	9,6	7,6	30
UB 254x102x23	254	101,6	5,7	6,8	7,6	22

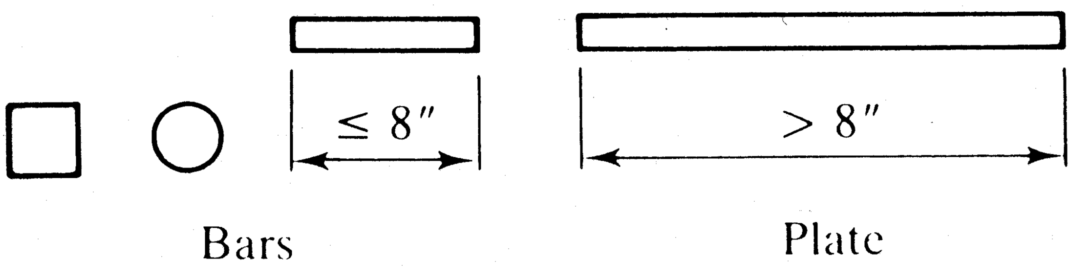
- كمرات قياسية حسب المواصفات الأمريكية ASTM A6/A 6M-04a

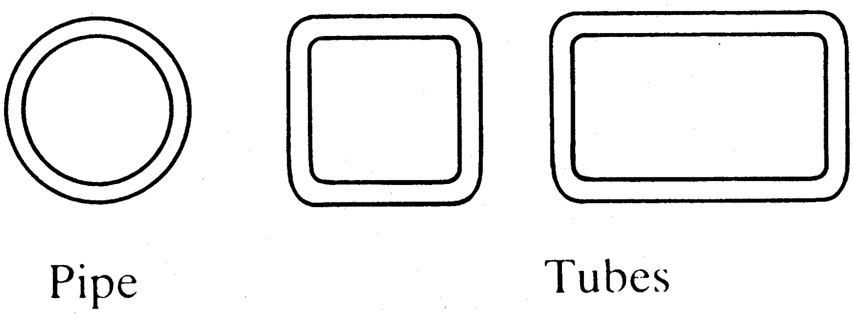


Type	h	b	s	t	r	mass of 1 meter
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]
W 6x15	152	152	5,8	6,6	6	22,5
W 6x20	157	153	6,6	9,9	6	29,8
W 6x25	162	154	8,1	11,6	6	37,1
W 8x18	207	133	5,8	8,4	8	26,6
W 8x21	210	134	6,4	10,2	8	31,3
W 8x31	203	203	7,2	11	10	46,1
W 8x35	206	204	7,9	12,6	10	52
W 8x40	210	205	9,1	14,2	10	59
W 8x48	216	206	10,2	17,4	10	71
W 10x12	251	101	4,8	5,3	8	17,9
W 10x15	254	102	5,8	6,9	8	22,3
W 10x17	257	102	6,1	8,4	8	25,3
W 10x19	260	102	6,4	10	8	28,4

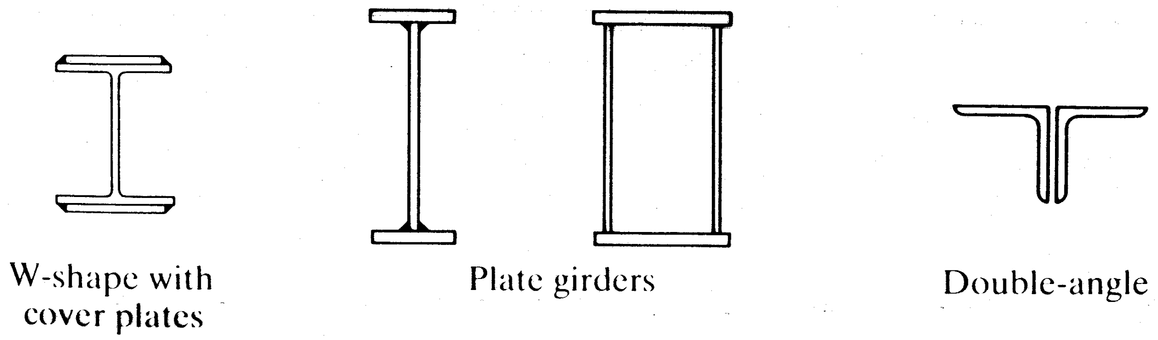


بعض القطاعات حسب المواصفات الأمريكية





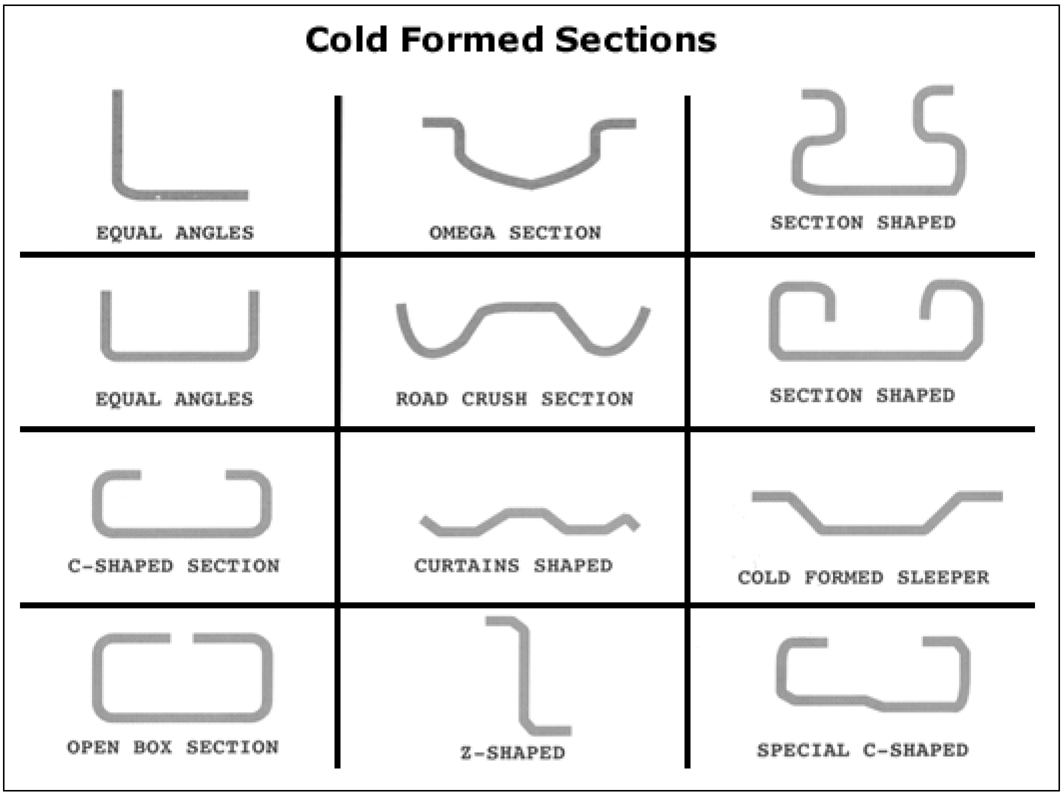
بعض القطاعات المفرغة



والقطاعات المسحوبة على الساخن هي القطاعات التي تستخدم غالبا لأغراض الإنشاء بالصلب وبصفة عامة وفي المباني متعددة الطوابق بصفة خاصة.

ب- القطاعات المشكلة على البارد Cold-formed sections

وهذه القطاعات (الشكل ١.٣) تعطي حرية أكبر في تشكيلها بالمقارنة بالقطاعات المسحوبة على الساخن مما يعطيها خاصية التطابق مع المتطلبات الإنشائية ثم أنها خفيفة الوزن بالمقارنة بمثيلاتها من القطاعات الأخرى.



الشكل ١.٣ : نماذج لقطاعات مشكلة على البارد.

إنشاءات معدنية

المنشآت الفولاذية

الوحدة الثانية : المنشآت الفولاذية

الجدارة : معرفة أنواع المنشآت الفولاذية و مميزات و عيوب المنشآت الفولاذية و كذلك أنواع الأحمال على المنشآت الفولاذية.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على أنواع المنشآت الفولاذية.
- تتعرف على مميزات المنشآت الفولاذية.
- تتعرف على عيوب المنشآت الفولاذية.
- تتعرف على أنواع الأحمال على المنشآت الفولاذية.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

ساعتان

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

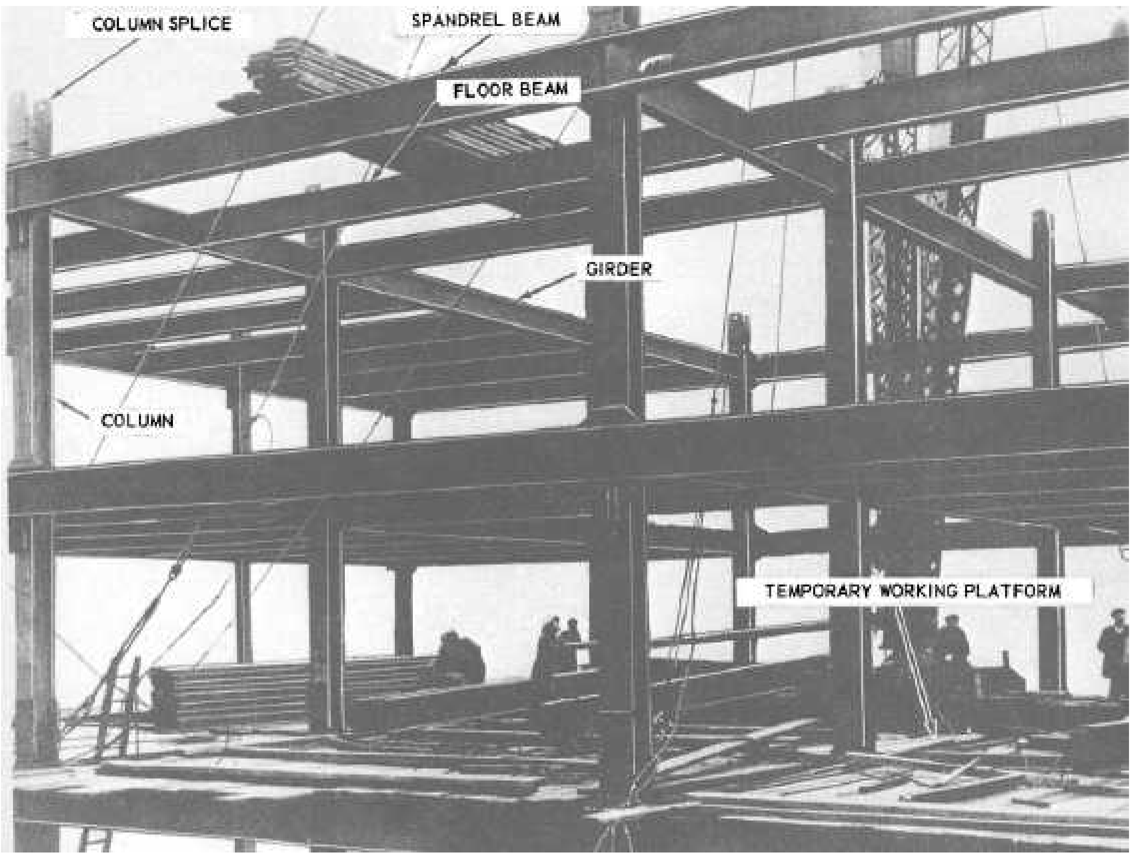
المنشآت الفولاذية

١. أنواع المنشآت الفولاذية

يمكن تقسيم المنشآت الفولاذية إلى نوعين رئيسين من المنشآت :

أ- المنشآت الهيكلية

و هي المنشآت ذات الأعضاء الإنشائية (الشكل 2.1) المكونة من بلاطات و كمرات و أعمدة أو الشبكيات مثل المباني و الكباري و الأبراج و في هذا النوع من الإنشاء تقوم الأعضاء الإنشائية بمقاومة الأحمال و نقلها إلى الأعضاء الإنشائية الأخرى و توجد أعضاء أخرى لتغطية الأسقف.



الشكل ٢,١ : منشأ هيكلي

- **وصلات الأعمدة** Column Splices

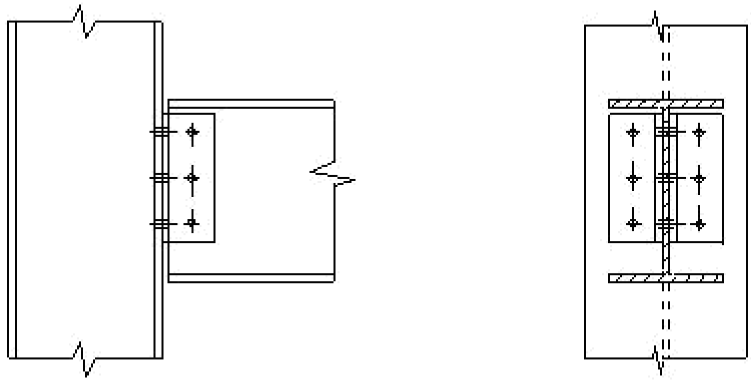
تورد الأجزاء المكونة للأعمدة إلى الموقع بأطوال تصل في بعض الأحيان إلى ٢٠ متراً وذلك لتسهيل عملية الإنشاء و يتم هذا التوريد وفقا لنوع الإنتاج ، و ظروف التنفيذ و ارتفاع المبنى وغيرها. و الشكل ٢,٢ يوضح بعض طرق عمل الوصلات للأعمدة.



الشكل ٢.٢ : وصلة عمود عن طريق مسامير Bolted Column Splice

- **وصلات الأعمدة بالكمرات** beam-to-column connection

تختلف نوع الوصلة ، و طرق تثبيتها المختلفة وفقا لحسابات الأحمال و نوعية القوى المختلفة (قص أو شد أو عزوم) . الشكل ٢,٣ يبين نموذجاً لوصلة عمود بكمرة.



الشكل ٢.٣ : وصلة عمود بكمرة Beam to Column Connections

ب- المنشآت القشرية :

و هي المنشآت القشرية المكونة من ألواح (الشكل 2.4) مثل الأسقف القشرية،و القباب،و الصهاريج،و الصوامع و الطائرات و البواخر. و تقوم الألواح بمقاومة الأحمال بالإضافة إلى استخدامها كمادة لتغطية الأسقف.



الشكل ٢,٤ : منشأ قشري

٢. مميزات المنشآت الفولاذية Steel structures characteristics

تمتاز المنشآت الفولاذية بالمواصفات التالية:

- لا تحتاج إلى شدات خشبية أو أية مواد تستهلك أثناء التنفيذ مما يوفر في تكلفة الإنشاء.
- الفولاذ مادة متجانسة مما يسهل التحكم في خواصها و في تكوينها الكيميائي و هي ميزة لا تتمتع بها مواد الإنشاء الأخرى.
- الصلب ذو قدرة عالة لتحمل الإجهادات في الشد و الضغط مما يوفر في المواد و بالتالي في الاوزان و التكاليف.
- السرعة في الإنشاء حيث يتم تصنيع أجزاء المنشأ في الورشة و يتم تجميعها و تركيبها في موقع الإنشاء و يمكن التصنيع في عدة ورش.
- دقة التصنيع حيث يمكن التحكم في جودة عملية التصنيع في الورش.
- يمكن فك المنشأ و إعادة تركيبه في موقع آخر.
- يمكن إجراء تعديلات في المنشآت الفولاذية أثناء الإنشاء أو بعده بسهولة و دون اللجوء إلى هدم المبنى كحالة الإنشاءات الخرسانية.
- يمكن القيام بتقوية بعض العناصر الإنشائية الفولاذية و ذلك بإضافة أعضاء جديدة للقطاعات بسهولة.
- الصلب له قابلية للاستطالة Ductility حيث في حدود 20% يمكن ملاحظة التشوه والتشكل قبل حدوث الانهيار.
- حد المرونة Elastic Limit للفولاذ عال نسبيا بمقارنته بالمواد الأخرى بحيث يمكن تطبيق نظريات المرونة عليه بدون تجاوزات و التي تعرف بما يسمى (بقانون هوك).
- الفولاذ قابل للنقل مما يجعل طرق نقله بسيطة و غير مكلفة.

٣. عيوب المنشآت الفولاذية:

تتلخص عيوب استعمال الصلب فيما يلي :

- قابلية الفولاذ للصدأ في الجو الرطب أو المشبع بالأملاح أو الأحماض و يلزم لصيانته الكشف على الأجزاء المعرضة للجو و تنظيفها و إعادة طلائها بمادة غير قابلة للصدأ من حين إلى آخر.

- مقاومة الفولاذ للحرائق ضعيفة خصوصا بعد ٥٠٠ درجة مئوية و يسيل تماما عند درجة ١٢٠٠ درجة مئوية لذا يجب تغطيته بطبقة عازلة مقاومة للحرائق كالخرسانة بسمك حوالي ٣ سم لزيادة قدرة الفولاذ على مقاومة الحرائق.

٤. أنواع الأحمال على المنشآت الفولاذية

تعتبر أهم و أصعب مهمة يواجهها المهندس الإنشائي هي حساب الأحمال التي تؤثر على المنشأ خلال مدة حياته. فبعد تحديد الأحمال تأتي الخطوة الثانية وهي الجمع لأسوأ الاحتمالات الممكنة لهذه الأحمال و التي بإمكانها أن تحدث في نفس الوقت و كذلك جملة من التحليل الإنشائي ثم التصميم.

- **الأحمال الميتة** Dead Loads

الأحمال الميتة هي أحمال غير متحركة ثابتة في مكانها و كذلك تبقى في موضع واحد و تعبر عن وزن المنشأ الذاتي. و تتكون من وزن الجمالون و الأجزاء الفولاذية الأخرى كالمدادات والأربطة و أغطية الأسقف و الحوائط و البلاطات ....إلخ. و لتصميم أي إنشاء لا بد من احتساب الأحمال الميتة و كذلك الحية و الرياح و غيرها لمختلف الأجزاء قبل استعمال أي تحليل إنشائي.

- **الأحمال الحية** Live Loads

الأحمال الحية هي الأحمال التي يمكنها أن تغير موضعها و مقدارها. وببساطة فإن الأحمال التي ليست ميتة هي أحمال حية. فالأحمال الحية التي تتحرك تحت قدرتها الذاتية تسمى الأحمال المتحركة (Moving Loads) و تشمل على سبيل المثال الأشخاص،و الاوناش (Cranes) بينما الأحمال التي بإمكانها أن تنتقل تسمى أحمال متنقلة (Movable Loads) كالتجهيزات،و مخزن بضائع،و ثلج ...إلخ. وأحمال أخرى تشمل التي أحدثت عن طريق الأحمال الإنشائية،و الرياح،و الأمطار،و الزلازل،و الانفجارات،و التغيرات في درجة الحرارة. و الجدول التالي يبين بعض قيم الأحمال الحية:

المصانع	١٢٠٠٠ N/m^2
المكاتب	١٩٠٠ N/m^2

- **أحمال الثلوج** Snow Loads

في البلدان التي تتساقط بها الثلوج بكثرة يؤخذ بعين الاعتبار الثلج في أي تصميم إنشائي. و الملاحظ أن أحمال الثلج تعتمد بالدرجة الاولى على ميل (زاوية الانحدار) السقف و بدرجة أقل على طبيعة مساحة السقف. حيث إن الثلج له قابلية الانزلاق على الأسقف ذات الميول. فالثلج باختصار عبارة عن حمل متغير بإمكانه تغطية سقف بأكمله أو جزء منه فقط. و الجدول (2.1) يبين قيم كثافة حمل الثلج تبعا لدرجة ميل السقف (α).

الجدول 2.1: قيم كثافة حمل الثلج تبعا لدرجة ميل السقف (α).

زاوية الميل α^o	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	أكثر من ٦٠
كثافة الحمل Kg/m^2	٧٥	٦٥	٥٥	٤٥	٣٥	صفر

- أحمال الرياح Wind Loads

قيم أحمال الرياح تتغير حسب المواقع الجغرافية ،و الارتفاعات فوق سطح الأرض ،و أنواع التربة المحيطة بالمباني، بما في ذلك المنشآت المجاورة ، و عوامل أخرى. و يمكن حساب ضغط الرياح بالمعادلة التالية:

$$q = C \, . \, V^2$$

حيث إن:

q- ضغط الرياح بـ (**Kg/m^2**)

C- معامل يسمى معامل الشكل (Shape Coefficient) ويتوقف على وحدة وزن الهواء التسارع الأرضي.

V- سرعة الريح بـ (**m/s**)

الشكل (2.3) و الشكل (2.4) يبينان كلاً من ضغط الريح بدلالة ميل السقف و ضغط الهواء بدلالة الارتفاع على التوالي.

وضغط الريح الرأسي يتوقف على ارتفاع المبنى من سطح الأرض و حددت المواصفات قيمة **q** على السطح المواجه للريح كالتالي :

- $75\ \mathbf{Kg/m^2}$ إذا كان ارتفاع المنشأ أقل من 20 مترا
- $100\ \mathbf{Kg/m^2}$ إذا كان ارتفاع المنشأ بين 20 - 100 مترا
- $125\ \mathbf{Kg/m^2}$ إذا كان ارتفاع المنشأ أكبر من 100 مترا

و يتوقف ضغط الريح العمودي على الأسطح (P_W) على سطح المنشآت على شكل المبنى و زاوية ميل السقف مع الأفقي.

$$P_w = C1 \cdot q$$

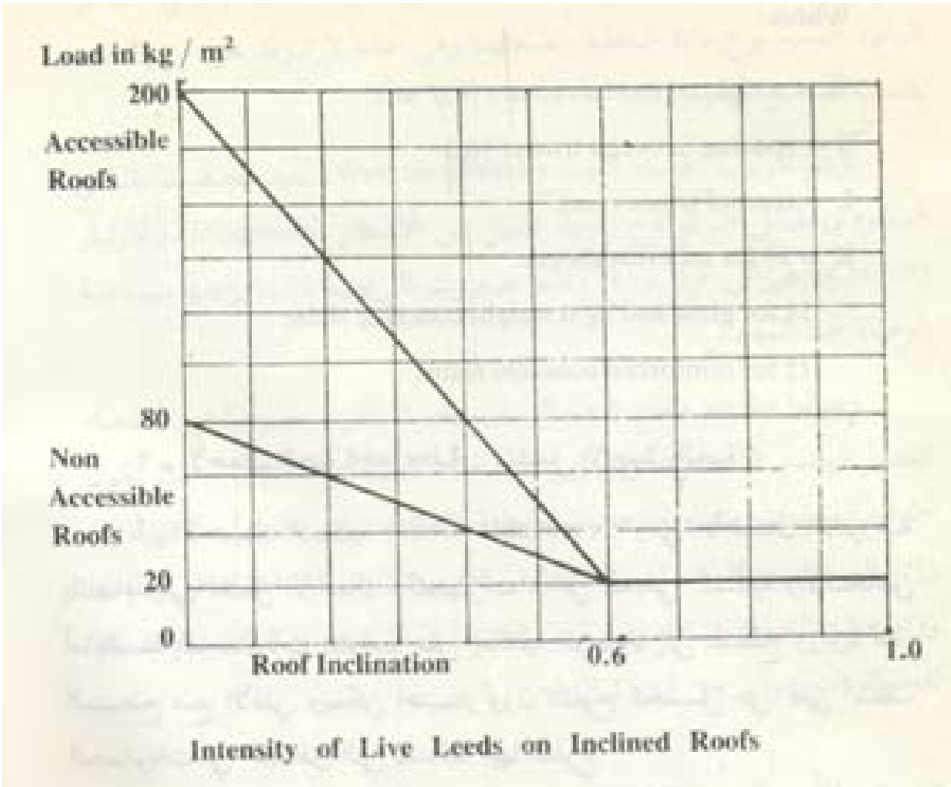
و يتوقف الثابت C1 على زاوية ميل السقف فإذا كانت زاوية السقف المواجهة للريح هي α فإن :

للمباني $C = 1.2\ \sin\alpha\ - 0.4$

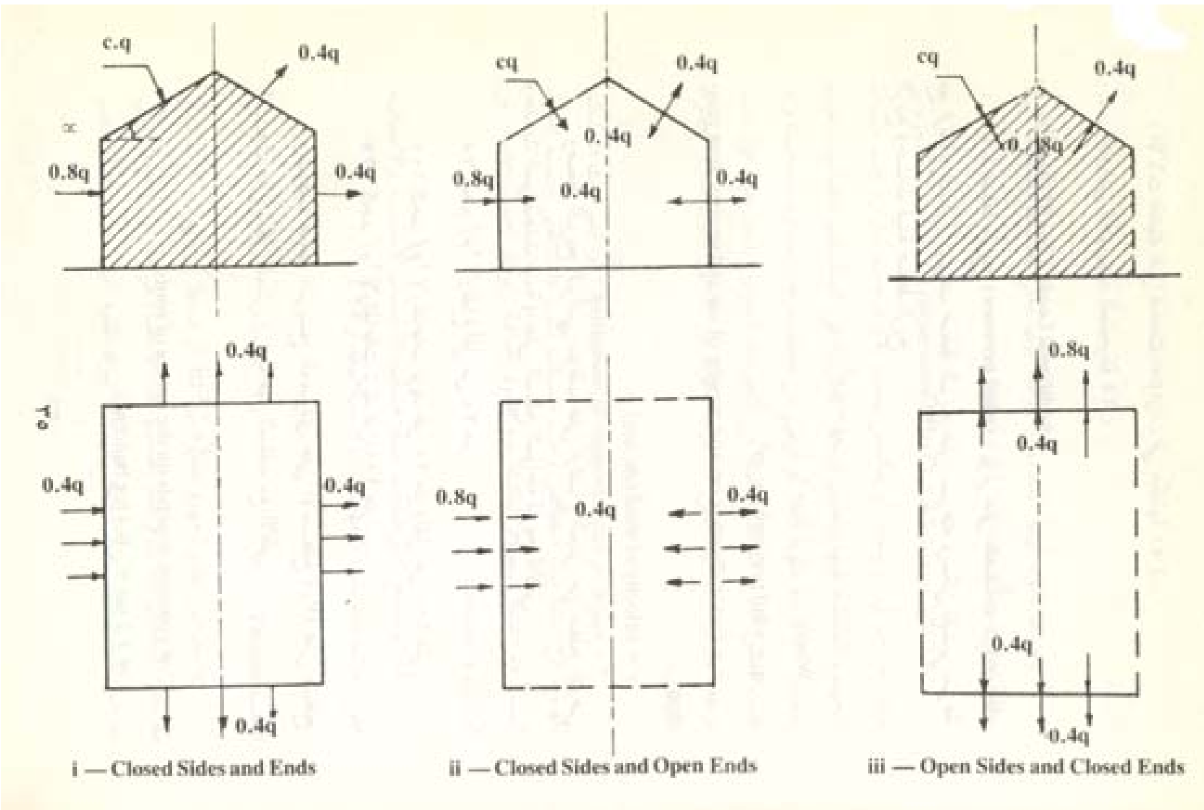
للأبراج $C = 1.6\ \sin\alpha\ - 0.4$

و إذا كان السطح تحت الريح فإن $C = -0.4$ (ماصا)

و تدل القيمة الموجبة للمعامل **C** على أن القوة ضاغطة **(Pressure)** بينما تدل القيمة السالبة على أن القوة ماصة **(Suction)** .

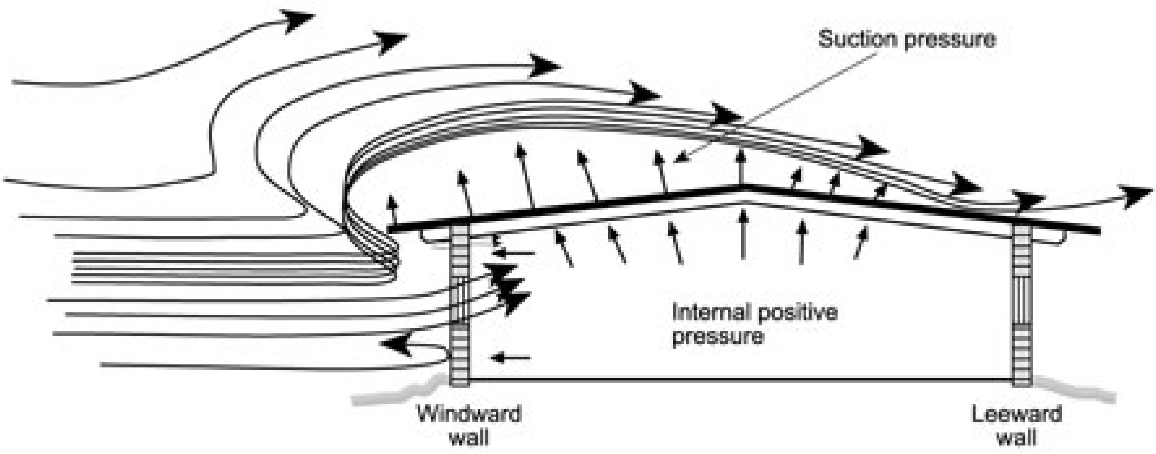


الشكل 2.3 : ضغط الريح بدلالة ميل السقف



الشكل 2.4 : ضغط الهواء بدلالة الارتفاع

الشكل (2.5) يبين توزيع ضغط الريح على شكل المبنى.



الشكل 2.5 : **الريح يحدث مصاً للمبنى**

- **أحمال الزلازل** Earthquake Loading

الزلازل تحدث حمولة على المنشأ من خلال تفاعل حركة الأرض مع تجاوب خواص المنشأ فهذه الحمولة تحدث تشوهًا للمنشأ تحت تأثير حركة الأرض و المقاومة الجانبية. و مقدار الحمولة يتوقف على كمية و نوع تسارع الأرض و كذلك على كتلة (Mass) و صلبية (Stiffness) المنشأ.

وفي حالة الإنشاءات الصغيرة يمكن تطبيق التحليل الإستاتيكي في تصميم الزلازل عوضاً عن التحليل الديناميكي. و هذه الطريقة تقرب الأحمال الديناميكية بواسطة مجموعة من القوى الإستاتيكي ة مطبقة خارجيا و تكون جانبية (أفقية) على المنشأ و تستخدم لتحديد القص القاعدي داخل الأعمدة والذي يرمز له بالرمز V و الممثل بالمعادلة التالية:

$$V = Z.I.K.C.S.W$$

حيث إن:

Z- معامل مرتبط بمنطقة الزلزال

I- معامل يتوقف على نوع المنشأ

K- معامل مرتبط بنوع هيكل المنشأ

C- خاصية الاهتزاز

S- نوع التربة الساندة

W- كتلة التربة

- **أحمال المرور بالنسبة للجسور** Traffic Loads for Bridges

الجسور معرضة لسلسلة من الأحمال المركزة ذات قيم مختلفة تسببها مجموعة من دواليب أو عجلات القطارات.

- **أحمال الصدم** Impact Loads

أحمال الصدم تسببها أحمال الاهتزازات المتحركة أو المتنقلة. من الواضح أن إسقاط صندوق شحن على أرضية مستودع تسبب قوى أكبر من التي كانت ستنشأ لو أن الأحمال طبقت بطريقة تدريجية. فأحمال الصدم هي عبارة عن الفرق بين قيمة الأحمال المتسببة في الوقت الحالي و قيمة الأحمال التي كانت سابقا أحمالاً ميتة.

- **احتمالات الأحمال** Combination of Loads

الأحمال المختلفة المذكورة سابقا لا تحدث كلها غالبا في آن واحد ولكن هناك بعض الاحتمالات لحدوثها.

إنشاءات معدنية

المنشآت الصناعية و متعددة الطوابق

الوحدة الثالثة : المنشآت الصناعية و متعددة الطوابق

- **الجدارة :** التعرف من خلال هذه الوحدة على النظم الإنشائية الرئيسة ،و عناصر و مكونات المنشأ الفولاذي،و نظم التدعيم لمقاومة أحمال الرياح،و طريقة انتقال الأحمال.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- النظم الإنشائية الرئيسة.
- عناصر و مكونات المنشأ الفولاذي.
- نظم التدعيم لمقاومة أحمال الرياح.
- طريقة انتقال الأحمال.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٤ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

المنشآت الصناعية و متعددة الطوابق

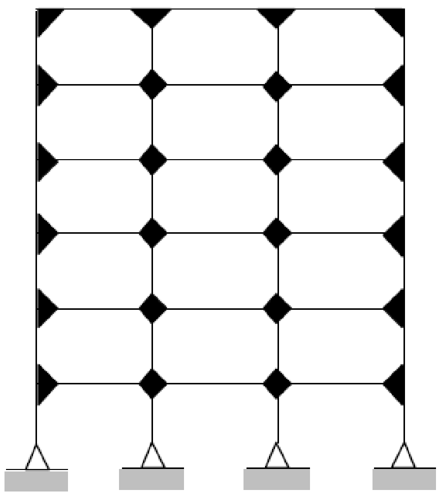
١. النظم الإنشائية الرئيسة

يأخذ الشكل الهندسي للبناء، و كذلك المواد المكونة له، الدور الأساسي في تحديد مقاومة هذا البناء للدفع الأفقي الناتج عن حركة الرياح، كما أن تلك المقاومة ترتبط بشكل مباشر بالهيكل الإنشائي الذي يمتص هذه الحمولات. و تتفرع عن العناصر الرئيسة للمنشأ مجموعة من النظم الإنشائية، فهناك نظم الإطارات،و أنظمة جدران القص،و النظم المشتركة،و النظم الجائزية المتناوبة،و أنظمة الأنبوب الأحادي،و أنظمة الأنبوب الثنائي المتداخل،و أنظمة الأنابيب المتعددة وغيرها. و يجري اختيار النظام الإنشائي للبناء تبعا لعوامل عدة، نذكر منها :

- الوظيفة الاستثمارية للبناء.
- ارتفاع البناء و مسقطه المعماري.
- عدد الطوابق الإجمالية.
- شكل و مقدار الحمولات المطبقة.
- طبيعة التربة و طبيعة موقع الإنشاء.

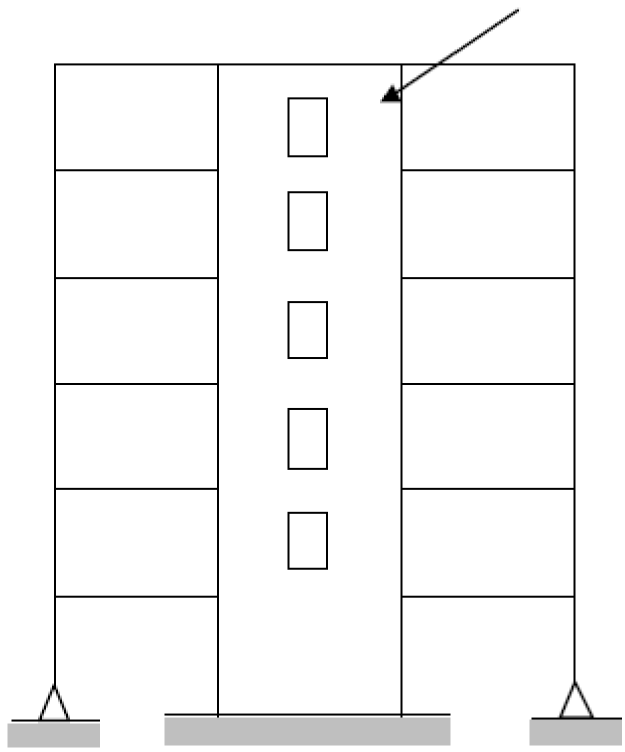
و هناك أربعة أنواع معروفة من الأنظمة الإنشائية وهي:

أ - **نظام الإطار المقاوم للعزوم Moment Resisting Frame System** : وهو الذي يؤمن مقاومة الأحمال الأفقية بشكل رئيس عن طريق انثناء أجزائه (الشكل 3.1).



الشكل 3.1 : نموذج للإطار المقاوم للعزوم Moment Resisting Frame

ب - نظام الإطار البنائي **Building Frame System** : يؤمن مقاومة الأحمال الأفقية عن طريق حوائط قوى القص (الشكل 3.2) Shear Wall Frames أو الإطارات المسنودة Braced Frames .



الشكل 3.2 : نموذج لإطار حوائط قوى القص Shear Wall Frames

جـ - **النظام الثنائي Dual System** : وهو نظام إنشائي يشتمل على أنظمة إنشائية منفصلة تدعم بشكل مستقل أحمال الاوزان من جهة والقوى الأفقية من جهة أخرى وتتميز هذه الأنظمة بما يلي :

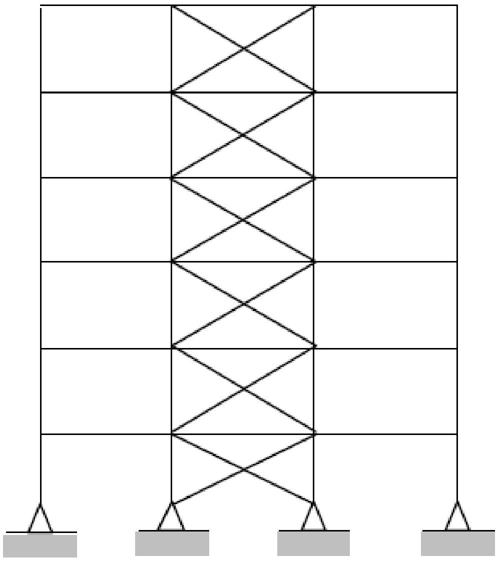
١ - تقاوم الأحمال الناتجة عن الاوزان بشكل رئيس كإطار فراغي متكامل .

٢ - تقاوم الأحمال الأفقية من خلال :

- إطار فراغي استثنائي مقاوم للعزوم فولاذي قادر على مقاومة قوة قص **القاعدة** Base shear.
- حوائط قوى القص **(**Shear walls**)** أو الإطارات المدعمة(الشكالات) Braced frames **.**

٣ - يتم تصميم النظامين المذكورين أعلاه ليقاوما مجموع القوى الجانبية حسب نسبة صلادتهما.

د - نظام الجدران الحاملة Bearing Wall System : هو نظام إنشائي بدون إطار فراغي حامل **للاوزان** الرأسية . تقاوم الجدران الحاملة أحمال الاوزان أما بالنسبة لمقاومة القوى الجانبية فتتم بواسطة حوائط قوى القص **(** Shear Walls **)** أو الإطارات المدعمة (الشكالات) كما هو مبين في الشكل 3.3.

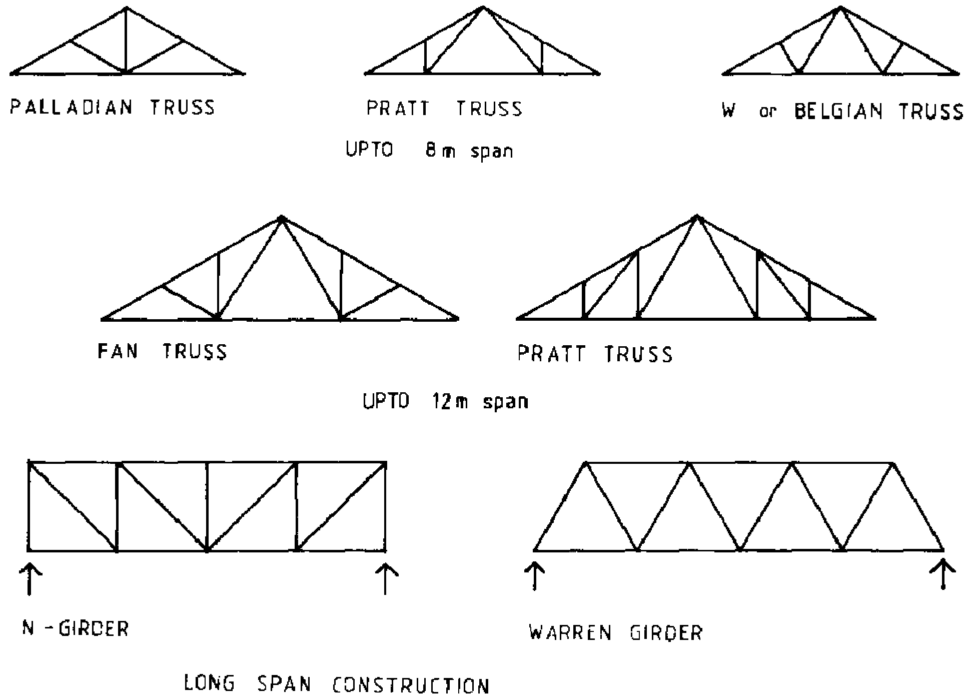


الشكل 3.3 : نموذج للإطارات المدعمة(الشكالات) Shear Wall Frames

٢. عناصر و مكونات الإطارات الفولاذية:

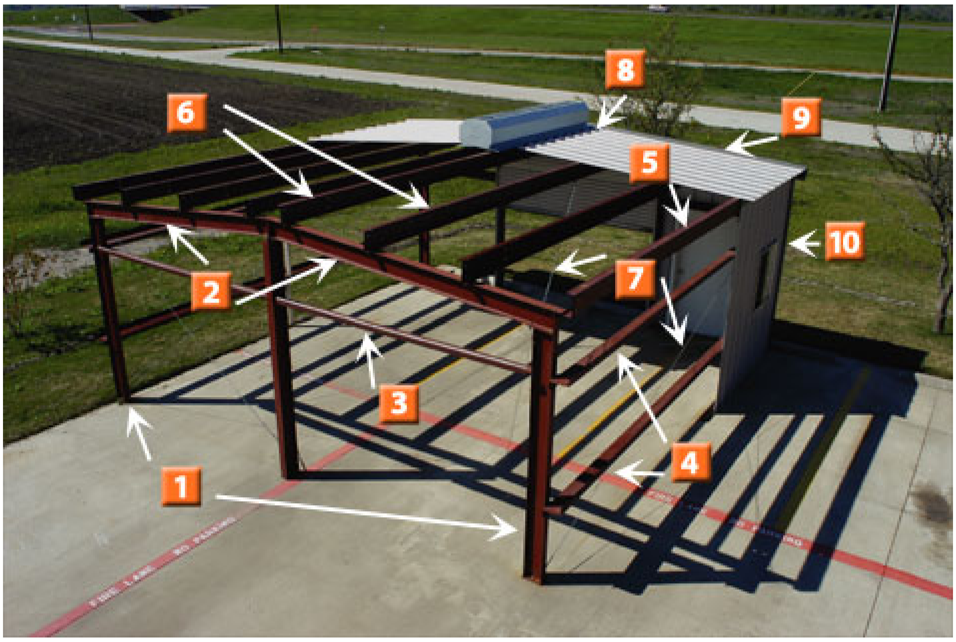
- **الجملون:**

يستخدم الجملون في المباني عندما يزداد عمق الكمرات مع اتساع بحرها و تصبح غير اقتصادية لذا يفضل استخدام الجمالونات المتكونة من أعضاء تكون مثلثات و تتقابل الأعضاء في مفاصل و لا تؤثر في أعضائه سوى القوى المحورية و تمتاز في أنها تأخذ أي شكل يناسب الغرض من استخدام المبنى(الشكل٣.٤) .



الشكل ٣،٤ : أنواع الجملونات.

ويتكون الإطار الفولاذي عموما من العناصر التالية كما هو مبين في الشكل 3.5.



الشكل 3.5 : عناصر الإطار الفولاذي

١. الأعمدة الرئيسة Columns

توجد أنواع وأشكال مختلفة لقطاعات الأعمدة التي يمكن استعمالها وفقا لمختلف متطلبات المباني والتصميمات والإنشاء.

٢. رافدة (عارضة) رئيسة Rafter

هي الأعضاء الإنشائية التي تتعرض لأحمال في المستوى العمودي على محاورها الطولية و تقاوم عزوم الانحناء و قوى القص و قد يحدث عزم انحناء في مستوى واحد أو مستويين على حسب وضع الأحمال.

٣. عارضة ثانوية لنهاية الجدار Endwall Girt

توضع على امتداد نهاية الجدار و تكون مثبة على الأعمدة الرئيسة، فائدتها تكمن في تدعيم الحائط للمبنى.

٤. عارضة ثانوية للجدار الجانبي Sidewall Girt

لها نفس العمل كما في حالة العارضة الثانوية لنهاية الجدار و ذلك لتدعيم الجهة الجانبية لجدار المبنى.

٥. رافدة رفرف السقف Eave Strut

توجد رافدتين على الجانب الطولي للمبنى في الاتجاهين لتعطي المساحة الكافية لوضع الأسقف.

٦. المدادات Purlins

هي الكمرات الممتدة في الاتجاه الطولي للمبنى و تحمل أغطية الأسقف أو الجوانب و ترتكز على الجمالونات أو الإطارات الرئيسة و تحمل المدادات وزن أغطية الأسقف و الأحمال الحية على الأسقف سواء الثلوج أو الأحمال الاحتياطية التي تحددها المواصفات حسب زاوية ميل السقف مع الأفقي.

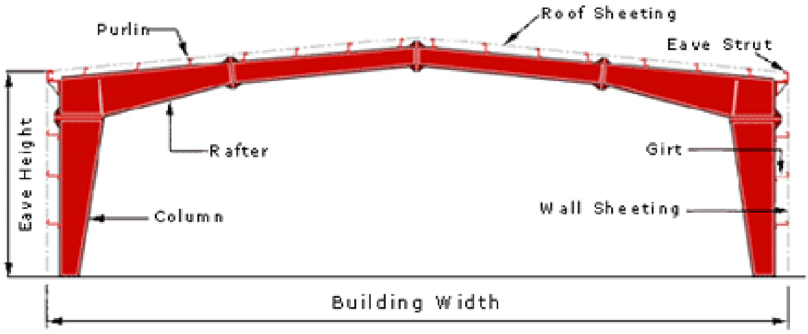
٧. أربطة الشكالات Bracing Members

هذه الأربطة عامة تعمل على نقل القوى الأفقية و تقليل الطول الانبعاجي للأعمدة أو الأعضاء المعرضة لقوى ضغط.

وهناك شكالات في أقصى السقف (٨) و أخرى على الجهة الأمامية (٩) و الثالثة على الجهة الخلفية (١٠) وفائدة كل واحدة هي لتسهيل تثبيت السقف على المنشأ.

- الهيكل الأساسي :

و هو يحتوي على الأجزاء المصنوعة من الصلب و التي تشكل الهيكل الرئيس للمبنى (الشكل 3.6) بما فيه الأعمدة و العوارض الرئيسة (الكمرات) و تمثل الهيكل الرئيس للمبنى الذي يتم نصبه اولا ثم استكماله بالعناصر الأخرى من مدادات ثم كسوته بالجدران سواء كانت ألواح اً معدنية أو كانت حوائط إسمنتية مبنية من الطوب و يتم ربط أجزاء الهيكل الرئيس بمسامير عالة الإجهاد.



الشكل ٣,٦ : نموذج للهيكل المعدني الرئيس

- العناصر المساعدة للهيكل الرئيس :

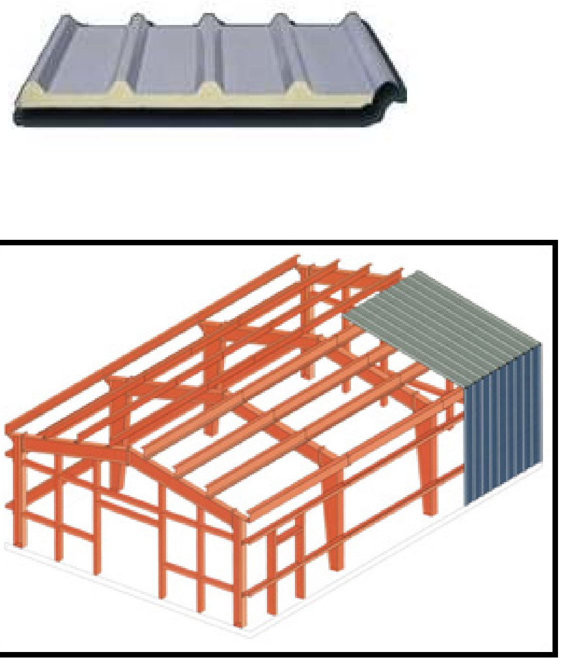
هو عبارة عن المدادات (الشكل 3.7) الطولية و العرضية على الأسقف و الأجناب و كذلك المدادات عند التقاء الحوائط الجانبية بالأسقف. و العناصر المساعدة ما هي إلا عبارة عن دعائم لتثبيت ألواح الأسقف و الحوائط.



الشكل ٣,٧ : نموذج لمدادات من النوع Z و C على المبنى.

- ألواح التغطية المعدنية

ألواح التغطية سواء كانت المكونة من طبقة واحدة مسطحة أو مضلعة تستخدم في تغطية الأسقف و الجدران الشكل (3.8). وتغطى هذه الألواح بدهانات لمقاومة الخدوش و العوامل الجوية القاسية. كما أن هناك بديل من الألواح المعدنية بالنسبة للحوائط التقليدية المبنية من الطوب.



الشكل ٣,٨ : نموذج لألواح التغطية المعدنية **على المنشأ**.

- الأرضيات

تختلف الأرضيات للمباني و الهياكل المعدنية عن أرضيات المباني التقليدية. والاختلاف يكمن فقط بالنسبة للأدوار الوسطى فهي غالبا ما تقام على أرضيات معدنية يتم تثبيتها في الهياكل الرئيسة و الثانوية للمبنى. وهناك عناصر ربط و تثبيت لعناصر المنشأ نذكر منها ما يلي :

- **ألواح قواعد الأعمدة و طرق تثبيتها** (Base plates & anchorage of column bases)

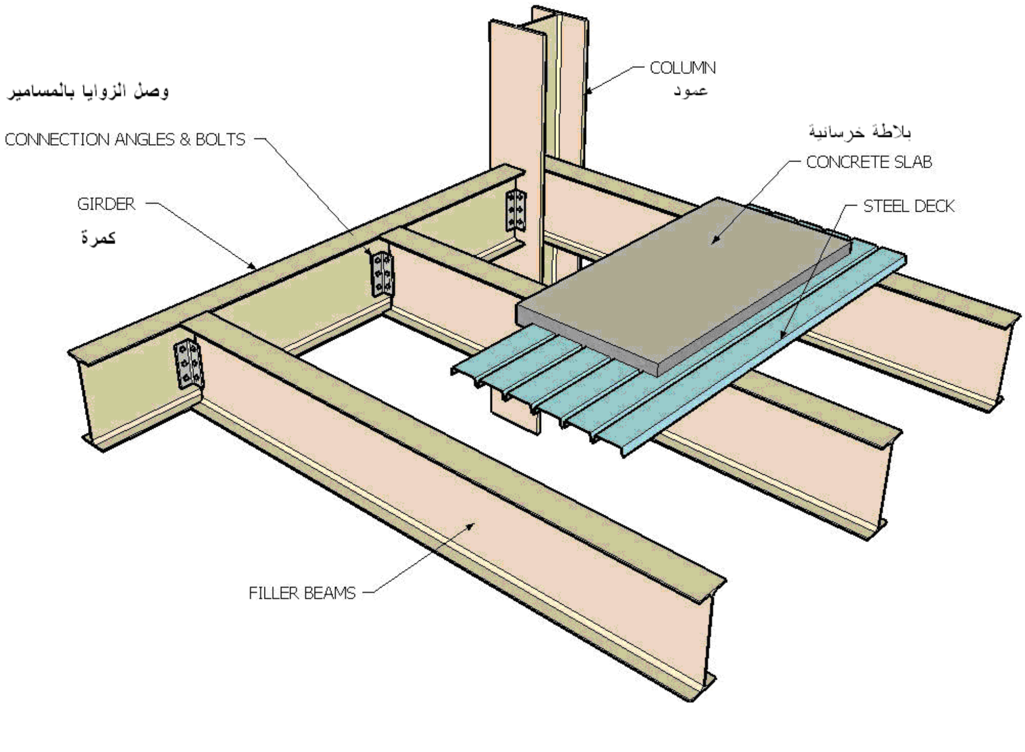
نظرا لأن الإجهادات المسموح بها في الصلب ، أكثر بكثير من تلك المسموح بها في الخرسانة ، لذلك وجب توزيع الأحمال و الإجهادات التي تتركز عند قدم العمود عن طريق قاعدة من الصلب إلى الأساسات الخرسانية ، و يثبت العمود باللحام عادة في هذه القاعدة .

- وصلات الأعمدة column splices:

تستخدم هذه الوصلات في حالة عدم اكتمال العمود للطول المطلوب و لذا يلزم عمل وصلة للجزأين بحيث تحقق الوصلة انتقال كل حمل للجزء الموصول.

- **وصلات الأعمدة بالكمرات** Beam-to-column connection

و تختلف نوع الوصلة ، و طرق تثبيتها المختلفة وفقا لحسابات الأحمال و نوعية القوى المختلفة (قص أو شد أو عزوم) و الأحمال الأخرى التي تتعرض لها. والشكل 3.9 والشكل ٣،١٠ يبينان نماذج لوصلات الأعمدة بالكمرات.



الشكل 3.9 : نموذج لوصلات عمود بالكمرات.



الشكل 3.10 : نموذج لوصلات الأعمدة بالكمرات.

- وصلات الكمرات بالكمرات Beam To Beam connection

هذه الوصلات (Connections) يجب أن تفي بالغرض المصممة على أساسه ، من حيث نوع الإجهادات و الأحمال المنقولة عن طريقها ،و تستخدم في هذه الوصلات مسامير القلاووظ العادية ، و يشترك معه اللحام كذلك في بعض الوصلات.

- وسائل الربط:

- مسامير البرشام Rivets :

تستعمل مسامير البرشام لربط قطاعات الحديد ببعضها . ونوع البرشام الشائع الاستعمال هو ذو القصبة والرأس الكروية (Snap Head) وطريقة ربط لوحي حديد بالبرشام يتم بتسخين البرشام حتى يحمر معدنه ثم يدخل في الثقب المجهز في لوحي الحديد قصبة البرشام المسخنة حتى يظهر من الجهة الأخرى للوحين المذكورين. فبينما الرأس الكروية للبرشام في موضعها يدق على قصبة البرشام الخارجية من وجه لوحي الحديد الآخر بالمطرقة ليشكل منها رأساً كزاوية مماثلة للأخرى . والربط بالبرشام يحدث ربطا محكما لقطاعات الحديد نظرا لملء فراغ الثقب بالبرشام أثناء تسخين معدنه وعند برودته ينكمش معدنه ويحدث الربط المحكم بينهمh .كذلك يمكن الحصول على عمل رأس غاطسة بدلا من الرأس الكروية في بعض الحالات الخاصة .

- **مسامير الربط وصواميلها** Bolts and Nuts

تصنع مسامير الربط من الحديد الأسود المطاوع (Mild steel Black Bolts) وتستعمل في ربط قطاعات الحديد بالموقع . حيث يدخل قصبة المسمار في الثقوب المجهزة بقطاعات الحديد المراد ربطها ثم تربط نهاية قصبة المسمار الرابط بالصامولة الخاصة به ثم يحكم الربط عليها وبعدها يدق على نهاية طرف قصبته لعدم خروج الصامولة منه . ولصعوبة الربط المحكم لقطاعات الحديد بالمسمار الرابط في التشييد ، يعتبر وصل قطاعات الحديد بالمسامير الرابطة أقل من ربطها بالبرشام.

- **اللحامات** Welding :

تعتبر اللحامات أكثر الطرق استعمالات لربط حديد المنشآت مع بعضه في الوقت الحاضر. ويستعمل بشروط ومواصفات خاصة كمثل المتبعة في مواصفات هيئة اللحام الأمريكية.

- يجب أن تتطابق جميع مسامير الربط والصواميل وحلقات منع التسرب (الوردات) مع المتطلبات الواردة في المواصفات.
- يجب أن تكون جميع أنواع اللحام مطابقة للمواصفات.

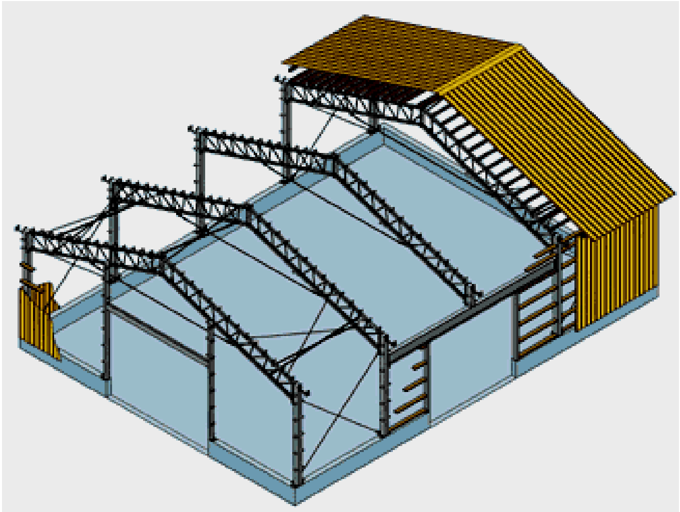
٣. نظم التدعيم لمقاومة أحمال الرياح

- **نظم الشكالات للمباني الهيكلية من الصلب** Bracing for steel framed buildings

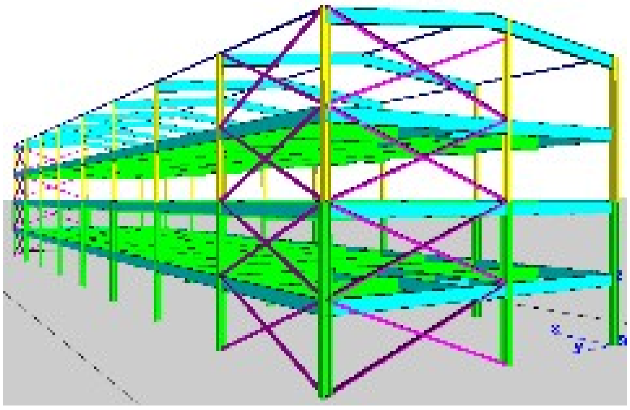
وهذة الشكالات هي لمقاومة القوى الافقية (كما هو مبين على الشكلين ٣,١١ و ٣,١٢) التي تحدث أساسا نتيجة للرياح التي تترجم إلى قوى ضغط وامتصاص ، وفي بعض المناطق من العالم يجب تصميم المبنى بحيث يواجه بعض القوى الناشئة عن الزلازل ، والقوى الافقية تكون عنصرا هاما للغاية في تصميم المبانى العالة بصفة خاصة . وبصفة عامة فكل مبنى يجب أن يزود بشكالات ملائمة ضد القوى الأفقية وفعلها في الاتجاهين.
ونظم الشكالات تنقسم إلى نوعين رئيسين وفقا لوضعها في المبنى و هي كالتالي:

أ- **نظم الشكالات الأفقية** (الشكل 3.12 Horizontal bracing system

ب- **نظم الشكالات الراسية** Vertical bracing system



الشكل 3.11 : نموذج لشكالة أفقية على المبنى.

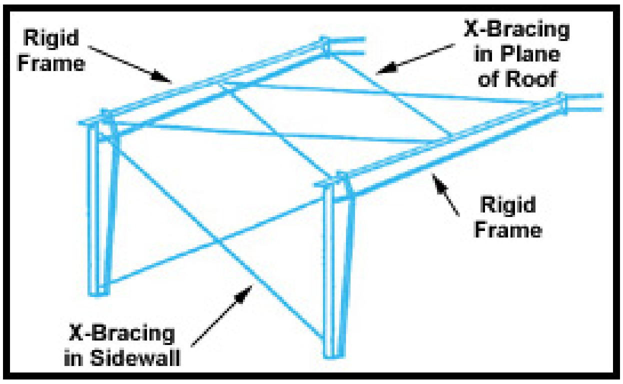


الشكل ٣.١٢ : نموذج للشكالات الأفقية و الرأسية.

و هناك ثلاثة أنظمة تدعيم لمقاومة أحمال الرياح:

أ- نظام الشكالات الأفقية و الرأسية

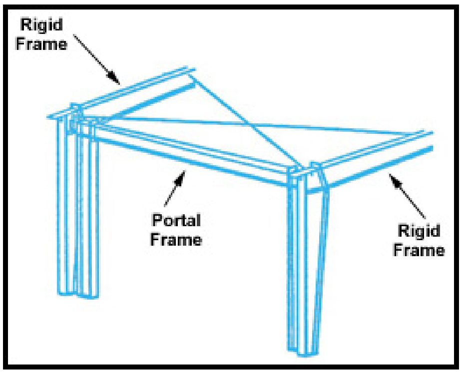
تعمل قوى الرياح على الأوجه الخارجية للمبنى (الواجهات و الأسطح) والتي بدورها تنتقل إلى العناصر الداخلية سواء الأفقية منها أو الرأسية فوجود الشكالات الأفقية و الرأسية يعمل على نقل ضغط الرياح المؤثرة على المنشأ للأساسات كما هو مبين على الشكل 3.13.



الشكل 3.13 : نموذج لشكالة أفقية و رأسية على المبنى.

ب- نظام الشكالات على شكل إطار حامل Portal Bracing

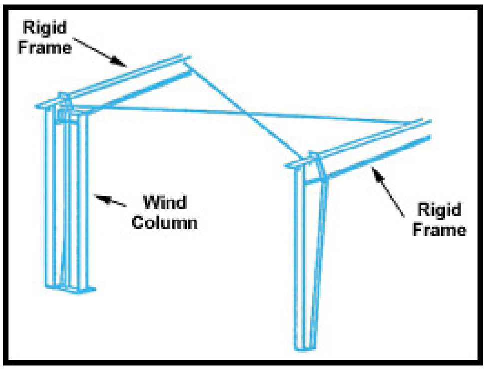
عندما يتعذر وضع أعضاء ربط رأسية بين الأعمدة بسبب وجود فتحات للأبواب كما هو مبين على الشكل 3.14 و خلافه وجب تصميم الأعمدة في الاتجاه العمودي على أساس أنها إطار حامل ليقاوم الأحمال الطولية المنقولة من الربط الأفقي على قمة الأعمدة.



الشكل 3.14 : نموذج لشكالة على شكل إطار حامل.

ج- شكالات على شكل إضافة عمود مقاوم للرياح Wind Column bracing

عندما يتعذر استخدام الحالتين السابقتين يمكن إنشاء أعمدة إضافية مقاومة للرياح و مدعمة للمنشأ كما هو مبين على الشكل (٣,١٥).



الشكل 3.15 : نموذج لشكالة على شكل عمود إضافي.

٤. طريقة انتقال الأحمال

مهما كان نوع نظام الأربطة المستخدم فلا بد من فهم كيفية نقل الأحمال المؤثرة على المنشأ إلى الأساسات أو بمعنى آخر نتبع مسار الأحمال حتى وصولها إلى الأرض و في كل خطوة يجب التأكد من تحقيق الاتزان بين الأحمال المؤثرة و العناصر الحاملة. و لإيضاح ذلك يمكن اتباع مسار أحمال الريح المؤثرة في حالة الاتجاه الطولي فعندما تؤثر أحمال الريح على الواجهة فإنها تنتقل من مادة التغطية (ألواح ،و مباني،و بلاطات، ..إلخ) إلى الكمرات التي ترتكز عليها و تنقل الكمرات الرأسية الحمل المتجمع عليها إلى أسفل حيث الأساسات و إلى أعلى حيث المدادات مع ملاحظة أن هذه الأحمال تحدث قوى داخلية في الكمرات الرأسية و تقوم المدادات بنقل القوى القادمة إليها من الكمرات الرأسية إلى نظام الربط الطولي ومنه إلى الأرض.

إنشاءات معدنية

مبادئ التصميم الإنشائي للأعضاء الفولاذية

الوحدة الرابعة : مبادئ التصميم الإنشائي للأعضاء الفولاذية

الجدارة : التعرف من خلال هذه الوحدة على الخواص الميكانيكية للصلب الإنشائي ،و نظريات التصميم المختلفة و معامل الأمان،و تصميم الأعضاء المعرضة إلى : وقوى شد محورية،و قوى ضغط محورية، قوى القص و عزوم الانحناء، و قوى محورية و قص و عزوم الانحناء.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على الخواص الميكانيكية للصلب الإنشائي.
- تتعرف على نظريات التصميم المختلفة و معامل الأمان.
- تصمم الأعضاء المعرضة إلى : قوى شد محورية،و قوى ضغط محورية،و قوى القص و عزوم الانحناء.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٢٤ ساعة.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

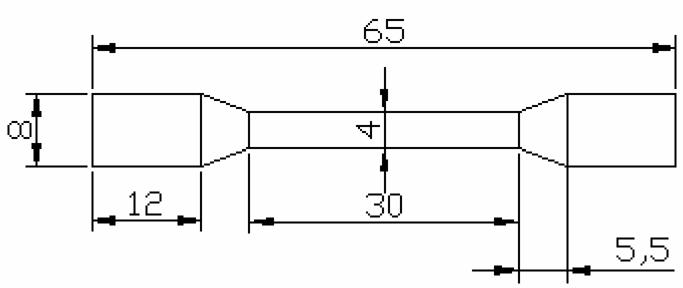
متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

مبادئ التصميم الإنشائي للأعضاء الفولاذية

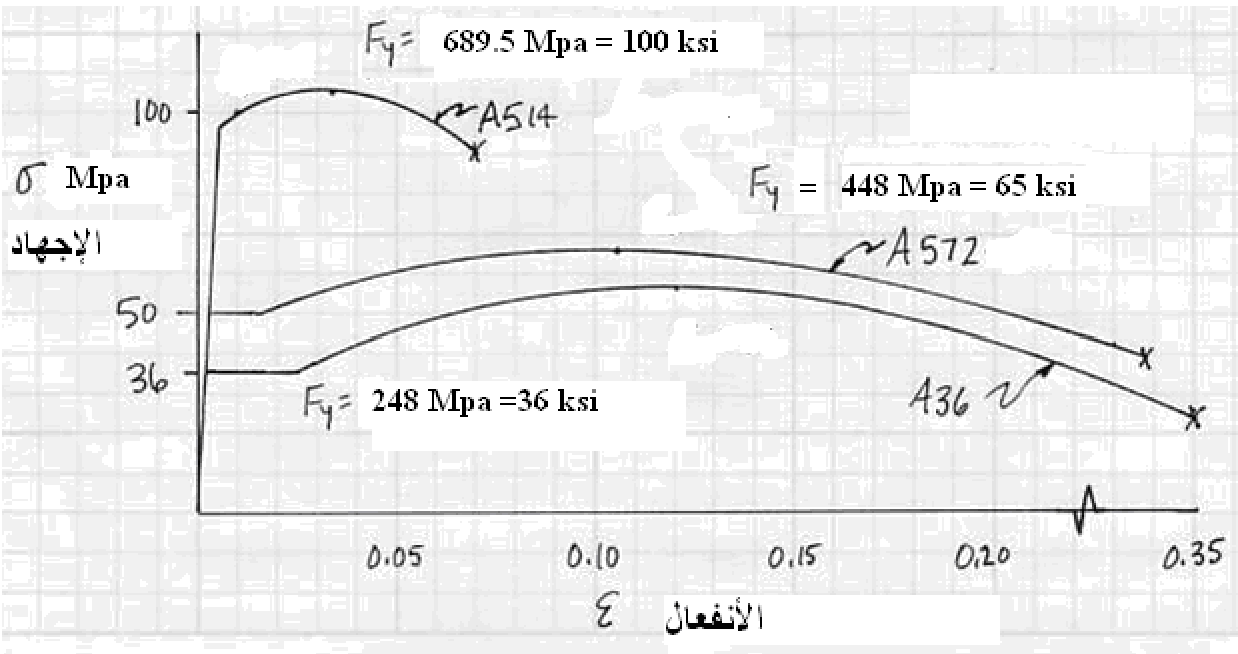
١. الخواص الميكانيكية للصلب الإنشائي

الخواص الميكانيكية للصلب الإنشائي تحدد عن طريق الاختبارات المعملية، وذلك بتجهيز عينة من الحديد لاختبار الشد كما هو مبين على الشكل٤,١، وفقا للمواصفات الأمريكية(ASTM E8) ومعرفة بالأبعاد المبينة على الشكل. والمنحنى البياني (الشكل ٤,٢) يبين العلاقة بين الإجهاد و الانفعال لبعض أنواع الحديد حسب المواصفات الأمريكية (ASTM).



الشكل ٤,١ : أبعاد عينة الشد وفقا للمواصفات الأمريكية ASTM E8

الأبعاد بالـميليمتر (mm).



الشكل 4.1: منحنى الإجهاد و الانفعال لبعض أنواع الحديد

حسب المواصفات الأمريكية (ASTM)

و عند التحميل على عينة الحديد يجب ملاحظة المراحل التالية :

أ- مرحلة المرونة

تكون عند بداية التحميل على العينة و يصاحبها تغيير طفيف في الطول و تعود العينة إلى وضعها الطبيعي بعد زوال الحمل المؤثر. و يكون المنحنى في هذه المرحلة على شكل خط مستقيم حيث خلالها يتناسب الإجهاد و الانفعال.

ب- مرحلة الخضوع

تبدأ بعد مرحلة المرونة بحيث تقل مقاومة الحديد للشد مع زيادة واضحة في طول العينة و يبقى التغير في الطول بعد زوال الحمل المؤثر و لكن بدون نقص يذكر في مقطع العينة.

جـ- مرحلة اللدونة

تبدأ بعد مرحلة الخضوع و تتميز بزيادة ملحوظة في مقاومة العينة للشد مع زيادة في الطول يصاحبها نقص واضح في مقطع العينة و تسمى هذه المرحلة بمرحلة الخضوع و لا تسترجع العينة المعرضة للأحمال شكلها الأصلي و إنما يبقى التشوه دائما.

د- مرحلة التصلد الانفعال

يزداد الانفعال بزيادة الإجهاد حتى يصل إلى أقصى قيمة و هي القيمة أو إجهاد الشد الأقصى و يبدأ بعدها الاختناق و الانهيار. و يعرف الصلب بقيمة الإجهاد الأقصى فعلى سبيل المثال الصلب (37) يرمز إلى إن القيمة الأدنى لأقصى الإجهاد في الشد هي 37 كجم/مم^2 وهو أكثر أنواع الصلب شيوعا و استخداما في الإنشاء و يستخدم الصلب 44 و كذلك الصلب عال المقاومة (52).

و بعد الانتهاء من الاختبار يمكن تعيين النتائج التالية:

الإجهاد = (الحمل) / (مساحة المقطع)

$$f = \frac{P}{A}$$

حيث إن

f – الإجهاد
P – الحمل
A – مساحة المقطع

الانفعال = (الاستطالة)/ ا(الطول الأصلي)

$$e = \frac{\Delta L}{L}$$

حيث إن

e - الانفعال
Δ L - الاستطالة و هي الفرق بين الطول الحالي و الطول الأصلي
L - الطول الأصلي

- **معاير المرونة** Young's Modulus of Elasticity

معاير المرونة هو ميل الخط المستقيم من منحنى الإجهاد و الانفعال و القيمة التقريبية التي تؤخذ غالبا هي $2100\ t/cm^2$ لكل أنواع الصلب. و في هذه المرحلة تسترجع الأعضاء المعرضة للأحمال شكلها الأصلي إذا رفع الحمل عنها وتكون نهايتها عند حد المرونة. و يمكن تعريف معاير المرونة كنسبة قيمة الزيادة في الإجهاد على الزيادة المماثلة في الانفعال التي تؤخذ كميل الخط المستقيم لمنحنى الإجهاد و الانفعال.

$$E = \frac{f}{e}$$

حيث:

E- معاير المرونة

f- الإجهاد

e- الانفعال

و منه يمكن كتابة المعادلة التالية:

$$E = \frac{f}{e} = \frac{f}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{f.L}{\Delta L}$$

- نسبة بواسن Poisson's ratio

عندما يتعرض جسم الصلب إلى إجهاد فإنه لا يتشكل فقط في اتجاه ذلك الإجهاد و إنما يتشكل كذلك في الاتجاه العمودي لذلك الإجهاد فعلى سبيل المثال في حالة إجهاد الشد فإن تلك الأبعاد المستعرضة Transverse تنقص أما في حالة إجهاد الضغط فإن تلك الأبعاد تزيد. و تكون النسبة بين الانفعال الجانبي Lateral Strain و الانفعال الطولي Longitudinal Strain هي نسبة بواسن و تساوي نسبة 0.26 تقريبا للفولاذ.

٢. نظريات التصميم المختلفة و معامل الأمان

أهم خصائص الحديد (الفولاذ) لأغراض التصميم تتمثل فيما يلي :

- إجهاد الخضوع Yield Stress (Fy)
- الإجهاد الأقصى Ultimate Stress (Fu)
- معامل المرونة Modulus of Elasticity (E)
- الانفعال Strain (ε)
- عامل التمدد الحراري Coefficient of Thermal Expansion (α)

عند تصميم المنشآت لا يجوز أن تتعدى الإجهادات إجهاد الخضوع و إلا تعرض المنشأ إلى تغير كبير في الشكل و لذا يلزم تحديد الإجهاد المأمون بحيث يمكن تحميل المادة بأمان دون حدوث تشوه، و تؤثر العوامل الآتية على الجهد المسموح به بأمان.

هناك طريقتان لنظرية التصميم الأكثر استعمال و هما :

١- طريقة التصميم بالإجهاد المسموح به Allowable Stress Design Method (ASD)

و تتمثل هذه الطريقة في اختيار العضو الإنشائي بحيث إن الإجهاد الأكبر الناتج عن أحمال التشغيل لا يتعدى الإجهاد المسموح به. و تسمى هذه الطريقة بالتصميم المرن أو تصميم إجهادات التشغيل.

معامل الآمان = (إجهاد الخضوع)/(الإجهاد المسموح به)

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Yield Stress}}{\text{Allowable Stress}}$$

وحيث إن: الإجهاد الحالي $\leq$ الإجهاد المسموح به

٢- طريقة التصميم بمعامل الحمل و المقاومة

و تتمثل هذه الطريقة في اختيار العضو الإنشائي بحيث إن معاملات المقاومة يجب أن تكون أكبر من معاملات الأحمال.

$$\sum\left[(\text{Loads x L factors}) \leq (\text{Resistance x R factor})\right]$$

كل تاثير حمل (أحمال ميتة أو أحمال حية، .....إلخ) له معامل خاص به يختلف عن معاملات الأحمال الأخرى بحيث قيمته تعتمد على احتمالات الأحمال المؤثرة . ومعامل المقاومة يأخذ القيم من ٠.٧٥ إلى ١.٠ حسب طبيعة المقاومة (شد أو أنحناء أو ضغط، .....إلخ).

ويتضمن التصميم الإنشائي النقاط التالية:

- التخطيط العام للإنشاءات General Layout of Structures .
- دراسة احتمالات لنماذج أو أصناف إنشائية و التي بإمكانها إعطاء حلول عملية قابلة للتنفيذ.
- دراسة الحالات المحتملة للأحمال.
- دراسة اولية (تمهيدية) للتحاليل و التصميمات بغية الحصول على الحلول الممكنة.

- اختيار أحسن الحلول عن طريق التحليل و التصميم الإنشائي النهائي و التي تحتوي على إعداد تصميمات الرسومات

و الهدف من التصميم الإنشائي لهذه المنشآت هو:

- الحصول على منشآت معدنية يتوافر فيها الأمان و قلة التكلفة.
- تحقيق متطلبات المنشأ المعدني مع مراعاة العامل الجمالي له.
- قابلية المنشأ المعدني إلى الامتداد في المستقبل.
- اختيار العناصر المعدنية القادرة على تحمل الجهود الناتجة من تلك الأحمال.

ولهذا الغرض يجب على المصمم الإنشائي أن يكون على دراية كافية بخواص المواد و اختبارات المواد الهندسية و مواصفاتها و بسلوك المنشآت المعدنية تحت تأثير الأحمال و بالتحليل الإنشائي.

- **معامل الأمان في التصميم**

معامل الآمان هو نسبة إجهاد الخضوع على الإجهاد المسموح به، و يتراوح معامل الأمان في الضغط من ١,٧ إلى ٣ للأعضاء النحيفة.

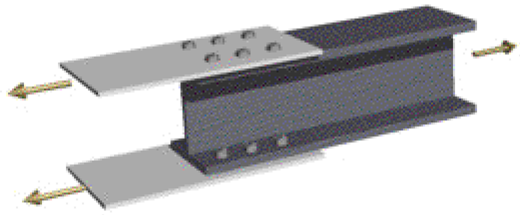
٣. تصميم الأعضاء المعرضة إلى:

- **قوى شد محورية:**

تعتبر أعضاء الشد المعرضة لقوى محورية (مركزية) منتظمة أبسط الأعضاء الإنشائية (الشكل 4.2 و الشكل 4.3).



الشكل 4.2: أعضاء معرضة لقوة الشد



الشكل 4.3: وصلات مسمارية معرضة لقوة الشد

وفي بعض الحالات نجد أن أعضاء الشد في الجمالونات متماثلة حول ألواح التجميع و تكون إجهادات الشد موزعة بالتساوي على المقطع.

و لتصميم أعضاء الشد نتبع الخطوات التالية :

أ- <u>في حالة الوصلات عن طريق اللحام :</u>

١- تحديد الحمل و ليكن T

٢- حساب مساحة المقطع :

$$A_{req} = \frac{T}{f_{pt}}$$

حيث إن :

- f_{pt} إجهاد الشد المسموح به و يساوي $f_{pt} = 1.4\ t/cm^2 = 1400\ kg/cm^2$
- T قوة الشد
- A_{req} مساحة المقطع المطلوبة. مع العلم أن نوع الحديد هو صلب ٣٧.

٣- اختيار العضو من الجدول على أساس مساحة المقطع $\mathbf{A_{req}}$

٤- مراجعة الإجهادات الحقيقية داخل القطاع :

$$f_{act} = \frac{T}{A} \leq f_{pt}$$

ب- في حالة الوصلات عن طريق المسامير :

١- تحديد حمل الشد على العضو و ليكن T

٢- حساب مقطع العضو و لتكن:

$$A_{gross} = \frac{T}{0.85 \ f_{pt}}$$

٣- اختيار القطاع من الجدول على أساس المساحة A_{gross}

٤- مراجعة الإجهادات الحقيقية

$$f_{act} = \frac{T}{A_{net}} \leq f_{pt}$$

٥- حيث إن :

A_{net} - هي المساحة الصافية للقطاع أي المساحة بعد خصم المساحة المستغلة بواسطة ثقوب **المسامير**.

$$A_{net} = 0.85 \quad A_{gross}$$

A_{gross} - هي المساحة الكلية للعضو قبل خصم ثقوب المسامير.

و بالتالي

يمكن كتابة المساحة الصافية على النحو التالي :

$$A_{net} = A_{gross} - A_{\varphi}$$

$$A_{net} = A_{gross} - d \, . \, t$$

حيث إن :

d - قطر ثقب المسمار

t - سمك اللوح

إذا كان :

$f_{act} \le f_{pt}$ فالقطاع آمن

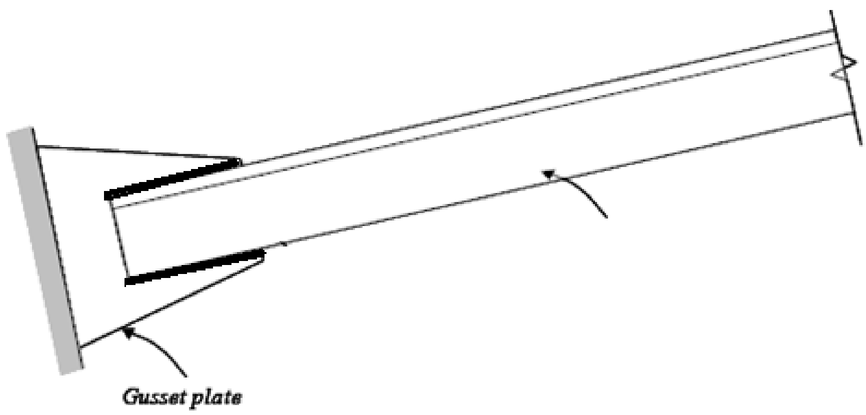
$f_{act} \le f_{pt}$ فالقطاع غير آمن

و بالتالي مراجعة الخطوة ٣ و أخذ مساحة أكبر

<u>مثال :</u>

اوجد مساحة القطاع المطلوبة لتحمل قوة شد محورية قدرها t ٢١ (عضو الشد ملحوم)

وأقصى إجهاد مسموح به في الشد يساوي $f_{pt} = 1.4\ t/cm^2 = 1400\ kg/cm^2$



<u>وصلة ملحومة</u>

الحل :

١- قوة الشد t 21

٢- مساحة القطاع المطلوبة

$$A_{req} = \frac{T}{f_{pt}}$$

$$A_{req} = \frac{21000}{1400} = 15.00\,cm^2$$

مساحة القطاع لزاوية واحدة متساوية الأضلاع = $\frac{A_{req}}{2} = \frac{15.00}{2} = 7.50\ cm^2$

لنختار من الجداول الزاوية المتساوية الأضلاع و التي مساحة مقطعها

A of 1 L) ٥٥ x 55 x 8) = 8.23 cm^2

الإجهاد الناتج عن الزوايا المتساوية الأضلاع :

$$f_{act} = \frac{T}{2\ x\ A_{act}} = \frac{21000}{2\ x\ 8.23} = \frac{21000}{16.46} = 1275.82\,kg/cm^2$$

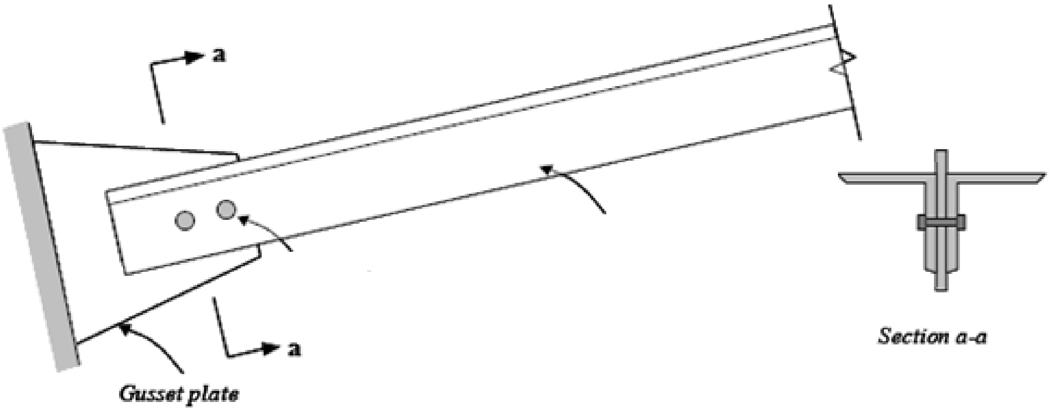
$$f_{act} = 1275.82\,kg/cm^2 < f_{pt} = 1400\,kg/cm^2$$

العضو آمن

مثال :

اوجد مساحة القطاع المطلوبة لتحمل قوة شد محورية قدرها 21 طن حيث إن قطر المسمار ١٠ mm و سمك **اللوح** ٧ mm

وأقصى إجهاد مسموح به في الشد يساوي $f_{pt} = 1.4\ t/cm^2 = 1400\,kg/cm^2$



<u>وصلة مسمارية</u>

<u>الحل :</u>

١- قوة الشد ٢١t

٢- مساحة القطاع المطلوبة

$$A_{gross} = \frac{T}{0.85\ f_{pt}}$$

$$A_{gross} = \frac{21000}{0.85 \times 1400} = 17.64\ cm^2$$

مساحة القطاع لزاوية واحدة متساوية الأضلاع = $\frac{\mathbf{A_{gross}}}{\mathbf{2}} = \frac{\mathbf{17.64}}{\mathbf{2}} = \mathbf{8.82\ \ cm^2}$

لنختار من الجداول الزاوية المتساوية الأضلاع و التي مساحة مقطعها

$$(\ A\ \ of\ \ 1\ L\,65 \times 65 \times 8\ ) = 9.85\ \ cm^2$$

$$A_{net} = A_{gross}\ \ -\ d\,.\,t$$

$$A_{net} = 2\,(\,9.85\ \ \ -\ 0.7 \times 1.7\,)$$

$$A_{net} = 2\,(\,9.85 -\ 1.19\,) = 17.32\ cm^2$$

$$f_{act} = \frac{T}{A_{net}} = \frac{21000}{17.32} = 1212.47\,kg/cm^2$$

$$f_{act} = 1212.47\,kg/cm^2 < f_{tp} = 1400\,kg/cm^2$$

العضو آمن

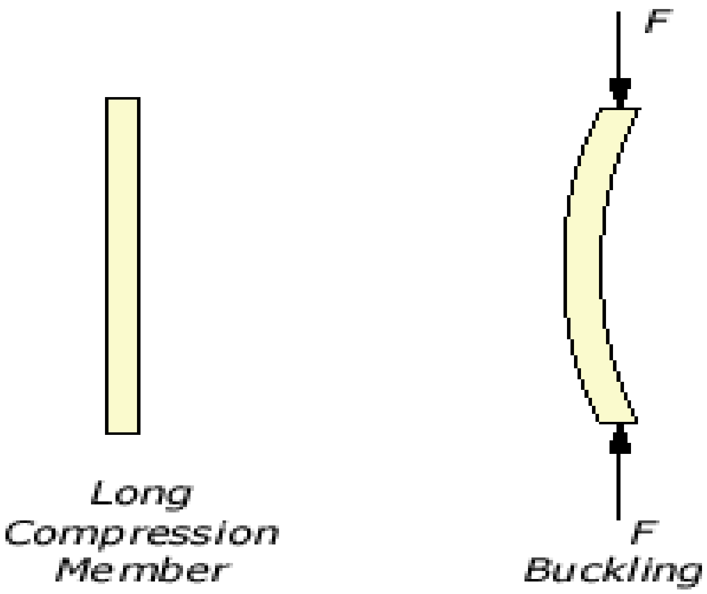
- **قوى ضغط محورية**

تعتبر أعضاء الضغط المعرضة لقوى محورية (مركزية) من أبسط الأعضاء الإنشائية (الشكل 4.4).



الشكل 4.4: قضيب فولاذي معرض لقوة الضغط

عند تصميم الأعضاء المعدنية المعرضة لقوى الضغط المحوري فإنه يجب معرفة اولا مدى مقاومة هذه الأعضاء للانبعاج (Buckling) و الذي بدوره يتوقف على قيمة نسبة النحافة (Slenderness Ratio) حيث إن نسبة النحافة هي قيمة الطول الفعلي L (و الذي يتوقف على نهايتي العضو) على نصف قطر القصور r (Radius of gyration) (الشكل 4.5).



الشكل 4.5: انبعاج عضو الضغط

مقاومة الأعمدة للضغط على (سبيل المثال) تعود إلى عدة عوامل و هي :

- نوعية المادة المستخدمة
- الطول
- الخصائص الهندسية لقطاع العمود أو عزم القصور الذاتي حول محور الانبعاج.
- حالة نهايتي طرفي العمود

الأعمدة القصيرة لها القابلية على تحمل القوى أكثر من الأعمدة الطويلة، و نفس الشيء فيما يخص الحجم فكلما كان العمود عريضاً كلما كانت له القابلية على تحمل القوى.

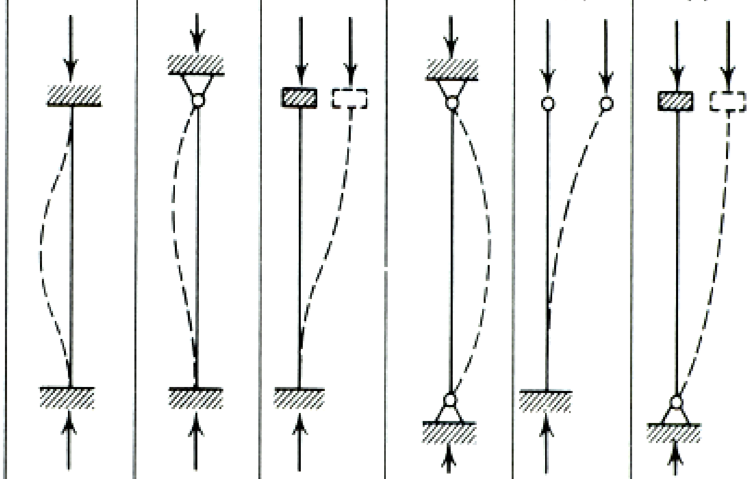
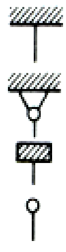
ونوعية الركائز المستخدمة في نهايتي العمود (الجدول 4.1) لها علاقة في تحديد قيمة الحمل الذي بإمكان العمود تحمله. و هناك نوعان شائعان من الركائز على نهايتي العمود و هما : ركيزة مفصلية و ركيزة مثبتة. فكلما كانت نهايتي العمود مثبتتين أكثر كلما كانت له القابلية على التحمل أكثر.

وأولى الخطوات لتصميم الأضلاع المعرضة للضغط هي تحديد نسبة النحافة Slenderness Ratio للعضو و يحسب عن طريق المعادلة التالية :

$$\text{نسبة النحافة} = \lambda = \frac{K.L}{r}$$

- K - معامل الانبعاج، ثابت يعتمد على حالة نهايتي طرفي العضو
- L - طول العضو
- r - نصف قطر القصور Radius of gyration

الجدول 4.1: أطوال الانبعاج لأعضاء الضغط طبقا للمواصفات الأمريكية (AISC).

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Buckled shape of column is shown by dashed line						
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End-condition code		Rotation fixed Rotation free Rotation fixed Rotation free			Translation fixed Translation fixed Translation free Translation free	

اختيار القطاع :

عندما يتعرض عضو الضغط لقوة محورية **N** تستخدم المعادلة التالية للحصول على مساحة القطاع المطلوبة.

$$A_{req} = \frac{N}{f_{pB}}$$

حيث إن

N – قوة الضغط المحورية

f_{pB} – الإجهاد المسموح به في الانبعاج $f_C = 700\ Kg/cm^2$

A_{req} – مساحة القطاع المطلوبة

و من الأنسب فرض نسبة النحافة $\lambda = \frac{K.L}{r} = 100$

خطوات تصميم أعضاء الضغط المحورية :

١- تحديد حمل الضغط و ليكن N و حساب الطول الانبعاجي (L_{bx} , L_{by})

٢- تصميم اولي و يحسب A_{req} على أساس $A_{req} = \frac{N}{f_{pB}}$

حيث إن f_{pB} الإجهاد المسموح به في الانبعاج و يساوي

$$f_{pB} = 700\ Kg/cm^2 = 0.7\ t/cm^2$$

٣- يتم اختيار العضو من الجدول و يتم تحديد (A , i_x , i_y)

٤- حساب الإجهادات :

أ- حساب نسبة النحافة (λ_x , λ_y) **حيث إن :**

$$\lambda_x = \frac{L_{bx}}{i_x} \quad , \quad \lambda_x = \frac{L_{bx}}{i_x}$$

ب- نختار القيمة الأكبر من (λ_x , λ_y)

جـ- نقارن λ **إلى** ١٠٠ حيث :

أ- $f_{pB} = 1400 - 0.06\,\lambda^2 \quad \lambda < 100 \Rightarrow$

ب- $f_{pB} = \dfrac{7 \times 10^6}{\lambda^2} \quad \lambda > 100 \Rightarrow$

٥- التحقق من الإجهادات $f_{act} = \dfrac{N}{A} \le f_{pB}$

$f_{act} \le f_{pB}$ **آمن**

$f_{act} > f_{pB}$ **غير آمن**

مثال :

صمم عموداً يحمل ضغطاً محورية قدرها ٤٠ طن و الطول الانبعاجي هو $L_{by} = 4.5\ m$ و $L_{bx} = 6\ m$

الحل :

١- $L_{bx} = 600\ cm \qquad L_{by} = 450\ cm \qquad N = 40\ t$

٢- $A_{req} = \dfrac{N}{f_{pB}} = \dfrac{40}{0.7} = 57.14\ cm^2$

٣- **نختار** 180 *B.F.I*

$$A = 65.8\ cm^2$$
$$i_x = 7.63\ cm$$
$$i_y = 4.55\ cm$$

٤- **حساب الإجهادات**

$$\lambda_x = \frac{L_{bx}}{i_x} = \frac{600}{7.63} = 78.64$$

$$\lambda_y = \frac{L_{by}}{i_y} = \frac{450}{4.55} = 98.90$$

$$= ٩٨,٩٠ \quad 100 \ \lambda_y <$$

$$f_{pB} = 1400 - 0.06\,\lambda^2$$

$$f_{pB} = 1400 - 0.06\,(98.90)^2 = 813.13\ kg/cm^2$$

$$f_{act} = \frac{N}{A} = \frac{40}{65.8} = 0.6079\ t/cm^2 = 607.9\ Kg/cm^2$$

$$f_{act} = 607.9\ Kg/cm^2 < f_{pB} = 813.13\ Kg/cm^2$$

العضو آمن

مثال :

صمم عضو ضغط في جمالون مكون من زاويتين متساويتين معرض لقوة ٢٠ طن و طول الانبعاج للعضو في مستوى الجمالون $L_x = 2.40\ m$ ، و طول الانبعاج العمودي على مستوى الجمالون $L_y = 3.00\ m$.

لنفرض نسبة النحافة $\lambda = \frac{K.L}{r} = 100$

الإجهاد المسموح في الانبعاج $f_C = 700\ Kg/cm^2$

الحل :

١. نحسب مساحة القطاع المطلوبة A_{req}

$$A_{req} = \frac{F}{f_c} = \frac{20000\ Kg}{700\ Kg/cm^2} = 28.57 \cong 28.60\ cm^2$$

مساحة مقطع الزاوية الوحدة يساوي

$$A\ of\ 1\ L = \frac{28.60}{2} = 14.3\ cm^2$$

لنختار $2\ L\ 90 \times 90 \times 9$ من الجداول نحصل على :

مساحة مقطع الزاوية ألواح دة يساوي $A\ of\ 1\ L = 15.5\ cm^2$

- **عضو ضغط + عزم انحناء:**

لتصميم عضو ضغط + عزم انحناء نتبع الخطوات التالية :

١- حساب حمل الضغط **N** و حساب عزم الانحناء $\mathbf{M_x}$ و حساب الطول الانبعاجي

٢- حساب المساحة $A_{req} = \dfrac{N}{f_{pB}}$ حيث $f_{pB} = 700\ \text{Kg/cm}^2 = \mathbf{0.7\ t/cm^2}$

٣- اختيار العضو من الجدول و يتم تحديد ($\mathbf{A, i_x, i_y, Z_x}$).

٤- حساب الإجهادات الحقيقية :

أ- حساب نسبة النحافة λ_x , λ_y

ب- اختيار القيمة الأكبر

جـ- نقارن λ **إلى ١٠٠** حيث :

جـ- نقارن λ إلى ١٠٠ حيث :

١- $f_{pB} = 1400 - 0.06\lambda^2 \quad \lambda < \mathbf{100} \Rightarrow$

٢- $f_{pB} = \dfrac{7 \times 10^6}{\lambda^2} \quad \lambda > \mathbf{100} \Rightarrow$

٥- التحقق من الإجهادات :

$$f_{act} = \frac{f_{pt}}{f_{pB}} \times \frac{N}{A} \times \pm \frac{M_x}{Z_x} \le 1.4\ \text{t/cm}^2$$

إذا كان $f_{act} \le 1.4$ آمن

$f_{act} \le 1.4$ غيرآمن

- **قوى القص و عزوم الانحناء**

نجد قوى القص و عزوم الانحناء خصوصا في العضو الإنشائي (المداداة) حيث يتعرض للأحمال في المستوى العمودي على محاورها الطولية و تسبب في حدوث عزم انحناء مصحوب بقوى قص و قد يحدث عزم انحناء في مستوى واحد أو عزم انحناء مزدوج إذا كان الحمل مائلاً عن محوره و يتوقف الإجهاد على معايير المقطع Z حيث يكون انحناء : $V_B = \frac{M}{Z}$

خطوات التصميم :

١- حساب الأحمال W

٢- حساب عزم الانحناء M_x

٣- حساب قوى القص Q_x

٤- حساب $Z_{req} = \frac{M_x}{f_{pt}}$ **حيث إن** :

أقصى إجهاد مسموح به في الشد يساوي $f_{pt} = 1.4\ t/cm^2 = 1400\ kg/cm^2$

٦- إختيار العضو من الجدول على أساس Z_{req} **و تحديد** (Z_x **و** I_x)

٧- حساب الإجهادات

$$f_{act} = \frac{M_x}{Z_x} \le f_{pt}$$

$$q_{act} = \frac{Q_x}{A_W} \le 0.84\ t/cm^2$$

حيث $A_W = S\ x\ (h - 2\ t)$ مساحة العصب من الجدول.

٨- مراجعة الترخيم : $\Delta_{act} \leq \Delta_{max} = \frac{L}{360}$

$$\Delta_{act} = \frac{5\ W_{LL}\ L^4}{384\,E\,I}$$

حيث إن :

- W_{LL} - الحمل المنتظم على الكمرة (t/m)
- L - بحر الكمرة
- E - معامل المرونة (t/cm^2)

من جهة أخرى لدينا عزم الكمرة الأكبر $M_{max} = \frac{W_{LL}\ L^2}{8}$

$$\Delta_{act} = \frac{5\ M_{max}\ L^2}{48\,E\,I}$$

$E = 2100\ t/cm^2$

مثال:

سقف من الخرسانة المسلحة سمكه **١٢ سم** على كمرات فولاذية بسيطة طول بحرها ٥ مترو المسافة العرضية بين الكمرات ٢ متر. صمم كمرة متوسطة إذا كان وزن الأرضيات ١٠٠ kg/m^2 و الحمل الحي على السقف منتظم قيمته ٣٠٠ kg/m^2 .

الحمل المنتظم على الكمرة ٥٠ kg/m

الحل:

وزن الخرسانة المسلحة ٢,٥ x 0.12 x 2 = 0.6 t/m

وزن الأرضيات ٠,١٠ $x\ 2 = 0.2\ t/m$

الحمل الحي ٠,٣ $x\ 2 = 0.6\ t/m$

وزن الكمرة ٠,٠٥ t/m

المجموع $W_{D+L} = 1.45\ t/m$

العزم الأكبر $$M_{max} = \frac{W_{LL}\ L^2}{8} = \frac{1.45 \times 5^2}{8} = 4.53\,t.m$$

قوة القص الأكبر $$Q_{max} = \frac{W_{LL}\ L}{2} = \frac{1.45 \times 5}{2} = 3.62\,t$$

حساب $$Z_{req} = \frac{M_x}{f_{pt}} = \frac{4.53 \times 100}{1.4} = 323.57\,cm^2$$

نختار من الجداول B.F.I N0. 160 , Z_x=329 cm^3 , I_x=2630 cm^4

$$f_{act} = \frac{M_x}{Z_x} \leq f_{pt} = \frac{4.53 \times 100}{329} = 1.37\ t/cm^2 < 1.4\ t/cm^2$$

$$q_{act} = \frac{Q_x}{A_W} \leq 0.84\,t/cm^2$$

$$A_W = S \times (h - 2t)$$

S = 0.9 cm , h=1.60 cm , t=1.4 cm

$$A_W = S \times (h - 2t) = 0.9(1.6 - 2 \times 1.4) = 11.88\,cm^2$$

$$q_{act} = \frac{Q_x}{A_W} = \frac{3.62}{11.88} = 0.304\,t/cm^2 < 0.84\,t/cm^2$$

$$\Delta_{act} \le \Delta_{max} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1.38\,cm$$

$$\Delta_{act} = \frac{5\ W_{LL}\ L^4}{384\,E\,I} = \frac{5 \times 0.0145 \times 500^4}{384 \times 2100 \times 2630} = 2.13\,cm^2$$

$$\Delta_{act} = 2.13\,cm^2 > \Delta_{max} = \frac{L}{360} = 1.38\,cm^2$$

العضو غير آمن ويجب تغيير القطاع

إنشاءات معدنية

الوصلات ذات المسامير

الوحدة الخامسة : الوصلات ذات المسامير

الجدارة : التعرف على أنواع المسامير و الصواميل و درجاتها ، توزيع المسامير في الوصلات، و تصميم الوصلات المعرضة لقوى قص، و رسم الوصلات ذات لمسامير، و طرق ربط المسامير و استلامها.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على أنواع المسامير و الصواميل و درجاتها.
- توزع المسامير في الوصلات.
- تصمم الوصلات المعرضة لقوى قص.
- ترسم الوصلات ذات لمسامير.
- تتعرف على طرق ربط المسامير و استلامها.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٦ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

الوصلات ذات المسامير

١. مقدمة :

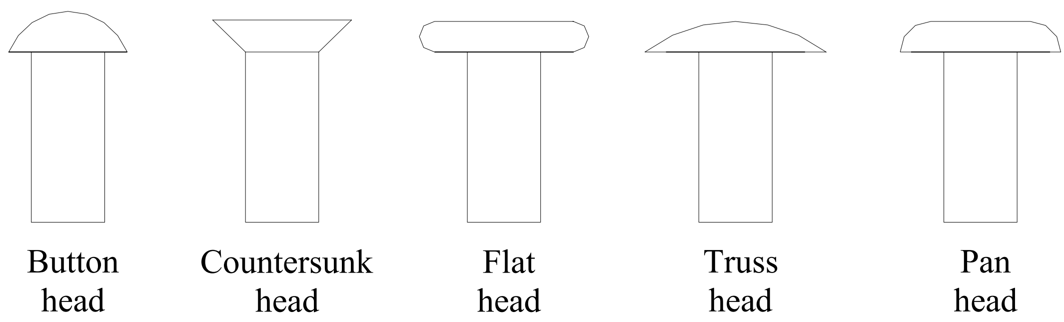
ترتبط الأعضاء مع بعضها أو مع ألواح الربط أو ألواح التجميع لتكون في مجموعها المنشأ المطلوب إنشاؤه. و تستخدم هذه الوصلات عند وصل قطعتين طوليا للحصول على طول أطول أو للحصول على مقطع أكبر أو تقوية مقطع و كذلك لوصل عضو إنشائي بعضو آخر أو مجموعة أعضاء، و يتم الربط في الغالب بإحدى الوسائل الآتية :

- الوصلات بواسطة مسامير البرشام Riveted Connection
- مسامير القلاووظ (الصامولة) Bolted Connection
- اللحام Welded Connection

٢. أنواع المسامير و الصواميل و درجاتها :

I- مسامير البرشام Rivets:

تصنع مسامير البرشام من أسياخ الحديد المطاوع و يتكون المسمار من رأس مستدير Round Head و جذع المسمار Shank و قد يكون رأس المسمار مسطحا أو غاطسا Counter Sunk (الشكل 5.1) و قد تكون أقطار المسامير عادة هي : ١٤، ١٧، ٢٠، ٢٣، ٢٦، ٣٠، ٣٣، ٣٦ مم و تستخدم في المنشآت المسامير ذات الأقطار ١٤، ١٧، ٢٠ مم و في الكباري (الجسور) أقطار ٢٣، ٢٦ مم.



الشكل **5.1**: أنواع رؤوس مسامير البرشام

و تنقسم عملية البرشام إلى الخطوات التالية :

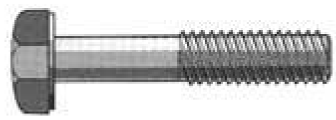
١- عمل ثقوب للألواح أو للأضلاع المراد ربطها و يتم ذلك بإحدى طريقتين: الخرق المباشر أو التثقيب.

٢- تشكيل رأس المسمار Closing the rivet head

بعدما يتم عمل ثقوب في الأعضاء، يسخن المسمار حتى الاحمرار و يدخل في الثقب المجهز في الأعضاء و يسند رأس المسمار من طرف و يدق الرأس الآخر و تتم عملية الدق إما بطريقة يدوية أو بالطرق الميكانيكية و بملء الثقب بالمسمار و عندما يبرد المسمار ينكمش و يولد قوة ضغط على الأعضاء المربوطة و يتعرض المسمار لقوة شد معادلة لقوة الضغط.

I I – **مسامير قلاووظ (الصامولة)** Bolts

يتكون مسمار قلاووظ (الصامولة) من مسمار له رأس مربعة أو مسدسة (الشكل 5.2) و نهاية المسمار مسننة (Thread) و تدور بها صامولة Nut و توضع ورق Washer لحماية الأعضاء أثناء الربط.



الشكل 5.2 : مسمار قلاووظ.

و مسامير الصامولة (قلاووظ) ثلاثة أنواع:

أ- **مسامير قلاووظ (صامولة) سوداء** Black Bolts

تصنع من أسياخ صلب ٣٧ وهي غير دقيقة الصنع و تستخدم فقط في أعمال التركيبات المؤقتة و ثقب المسمار يكون اوسع من المسمار بحوالي ٢ مم.

ب- مسامير قلاووظ (صامولة) عادية Turned Bolts

تصنع من صلب ٣٧ أو صلب ٥٢ عال المقاومة و تستخدم في معظم الأعمال الإنشائية و سطحها منتظم و هي دقيقة الصنع.

جـ- مسامير قلاووظ (صامولة) عالة المقاومة High Strength Bolts

تستخدم في الأعمال الإنشائية الدائمة و يكون ثقب المسمار اوسع من المسمار بحوالي ٠,٣ مم.

٣. توزيع المسامير في الوصلات:

١- الوصلات المبرشمة:

يجب الأخذ بعين الاعتبار بعض الفرضيات و هي :

- نفرض أن الحمل المنقول بالوصلة يوزع بالتساوي على كل مسامير البرشام.
- القوة المنقولة بالقص على القطاع للمسمار موزعة بالتساوي على مقطعه.

أنواع وصلات المسامير المبرشمة Types of Riveted Joints

هناك نوعان من وصلات المسامير المبرشمة:

- وصلة تراكب (الوصلة المفردة) Lap Joint
- وصلة تقابل (الوصلة المزدوجة)Butt Joint

أ) وصلة تراكب (الوصلة المفردة) Lap Joint

هذا النوع من الوصلات يعتبر الأبسط و فيه تربط صفيحة معدنية على الأخرى بواسطة المسامير المبرشمة فإذا كانت صفاً واحداً من الوصلات المبرشمة تسمى وصلة تراكب مفردة البرشمة Single riveted lap joint أما إذا كانت صفين من الوصلات المبرشمة فالوصلة تسمى وصلة تراكب مزدوجة البرشمة Double riveted lap joint و هكذا. المسافة بين مركزي كل مسمارين مبرشمين متجاورين تسمى الخطوة Pitch.

ب) وصلة تراكب (الوصلة المزدوجة) Butt Joint

في الوصلة المزدوجة يوضع العضوان على مستوى واحد و يرتبطان ببعضهما بواسطة لوح تجميع من جانب واحد أو من جانبين.

٤ . تصميم الوصلات المعرضة لقوى قص

عند تصميم الوصلات المبرشمة فإنه يؤخذ في الاعتبار القيمة الدنيا لكل من :

- مقاومة القص في المسمار(إجهاد القص المسموح به لحديد رقم ٣٧ تساوي $0.98\ t/cm^2$)
- مقاومة الارتكاز بين اللوح و المسمار ($f_b = 1.96\ t/cm^2$)
- مقاومة الشد للضلع المربوط

وعليه فإنه عند تصميم الوصلة المبرشمة تحسب كل من مقاومة المسمار للقص والارتكاز ومقاومة اللوح للشد (في حالة الشد) ونختار أصغر القيم الثلاثة.

١- مقاومة القص في المسمار:

يقاوم المسمار الحمل المنقول له بإحدى طريقتين :

أ- القص المفرد:

و يحدث عندما يقاوم المسمار الحمل المنقول له على مستوى واحد.

ب- القص المزدوج:

و يحدث عندما يقاوم المسمار الحمل المنقول له على مستويين و تحسب مقاومة المسمار في القص المفرد وبفرض أن مساحة مقطع المسمار تتحمل بالتساوي إجهاد القص المسموح به لمادة المسمار.

$$q_{s.s} = 0.98\ t/cm^2$$

$$R_{s.s} = A \cdot q_{s.s} = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot q_{s.s}$$

فإذا كان قطر المسمار ٢٠ مم فإن مقاومة المسمار للقص المفرد تكون :

$$R_{s.s} = A \,.\, q_{s.s} = \pi \,.\, \frac{d^2}{4} \,.\, q_{s.s} = \pi \,.\, \frac{2.0^2}{4} \,.\, 0.98 = 3.077\ t$$

و تكون مقاومة المسمار للقص المزدوج :

$$R_{D.s} = 2\ A \,.\, q_{s.s} = 2 \,.\, R_{s.s} = 2 \times 3.077 = 6.15\ t$$

٢- مقاومة الارتكاز بين المسمار و اللوح المربوط

يكون سطح التلامس بين المسمار و اللوح المربوط نصف أسطواني و يكون إجهاد الارتكاز بين جذع المسمار و اللوح المربوط ذا قيمة عظمى في المنتصف و تصل إلى إجهاد الخضوع و يمكن تقريب التوزيع الحقيقي للإجهادات بتوزيع منتظم ذي قيمة ثابتة على مسقط قطر المسمار و التي لا يجب أن تتعدى حدود إجهاد الارتكاز f_b المنصوص عليها لنوع الصلب المستعمل.
و تكون مقاومة المسمار للارتكاز على اللوح R_b هي حاصل ضرب إجهاد الارتكاز في سطح التلامس بين المسمار و اللوح $R_b = A \,.\, f_b = t \,.\, d \,.\, f_b$

فإذا كان سمك اللوح **١٢** مم و قطر المسمار **٢٠** مم فإن مقاومة الارتكاز تكون :

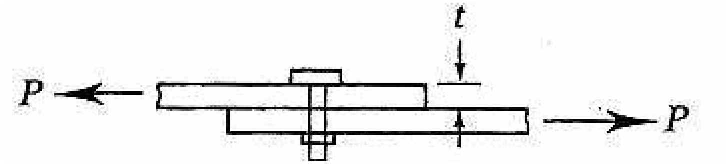
$$R_b = t \,.\, d \,.\, f_b = 2.0 \times 1.2 \times 1.96 = 4.70\ t$$

أما إذا كانت الألواح المربوطة مختلفة السماكات فإن أقلها هو الذي يؤخذ في الاعتبار لتحديد مقاومة الوصلة.

<u>مثال :</u>

اوجد عدد المسامير في الوصلة المبينة على الشكل(5.3)إذا كانت :

$T = 14\ t$, $t = 12\ mm$, $d = 20\ mm$



الشكل 5.3 : وصلة ذات مسامير (قص مفرد).

<u>الحل :</u>

نلاحظ من خلال هذه الحالة أن المسمار يقاوم القص على مستوى واحد فقط أي انه قص مفرد فنحسب قيمة المقاومة للقص المفرد :

$$q_{s.s} = 0.98 \text{ t/cm}^2$$

$$R_{s.s} = A \, . \, q_{s.s} = \pi \, . \frac{d^2}{4} . \, q_{s.s}$$

$$R_{s.s} = A \, . \, q_{s.s} = \pi \, . \frac{d^2}{4} . \, q_{s.s} = \pi \, . \frac{2.0^2}{4} . \, 0.98 = 3.077 \text{ t}$$

ثم تحسب مقاومة الارتكاز بين المسمار و اللوح :

$$R_b = A \, . \, f_b = t \, . \, d \, . \, f_b = 2.0 \text{ x } 1.2 \text{ x } 1.96 = 4.70 \text{ t}$$

و نختار القيمة الأصغر لتعبر عن المقاومة الدنيا للمسمار :

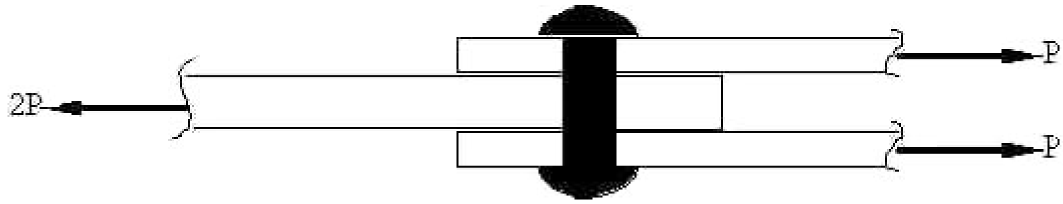
$$R_{min} = \text{Min} \left(R_{s.s} \; , R_b \right) = \text{Min} \left(3.07 \, , 4.70 \right) = 3.07 \text{ t}$$

و على هذا نقسم قوة الشد المنقولة على المقاومة الدنيا للمسمار ألواحد فينتج عدد المسامير اللازمة:
عدد المسامير يساوي :

$$n = \frac{T}{R_{min}} = \frac{14}{3.07} = 4.5 = 6 \text{ Rivets}$$

<u>مثال :</u>

اوجد أقصى تحمل للوصلة المبينة على الشكل(5.4) إذا كانت :

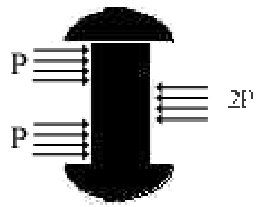


الشكل 5.4 :وصلة ذات مسامير (قص مزدوج).

$T= 14$ t , $t_1=12$ mm , $t_2=14$ mm , $d=20$ mm , $b=30$ cm , $n=9$ Rivets

<u>الحل :</u>

المسمار في هذه الحالة يقاوم القص على سطح مقطعيه أي انه قص مزدوج فيحسب القص المزدوج



(الشكل 5.5).

الشكل 5.5 :توزيع القص على المسمار.

$$R_{D.S} = 2\,A\,.\,q_{s.s} = 2\,\pi\,.\,\frac{d^2}{4}\,.\,q_{s.s} = 2\,\pi\,.\,\frac{2.0^2}{4}\,.\,0.98 = 6.15\ t$$

و لحساب مقاومة الارتكاز للمسمار فإننا نحسب مقاومة المسمار على اللوح الاوسط فقط حيث سمكه 1.4 cm أقل من مجموع سمكي اللوحتين الاول و الثالث

$$= R_{b2}\ t_2\ .\ d\ .\ f_b = 1.4 \times 2 \times 1.96 = 5.48\ t$$

$$R_{min} = Min\,(R_{D.S}\ , R_b) = Min\,(6.15\,, 5.48) = 5.48\ t$$

و عليه يكون أقصى تحمل للوصلة هو حاصل ضرب عدد المسامير في المقاومة الصغرى.

x 5.48 = 49.32 t٩

ويجب التأكد من أن الألواح المربوطة تتحمل هذه القوة و ذلك بحساب مقدار مقاومة القطاع الأدنى لمقاومة الشد للوح الاوسط.

$$A_{net} = t_2 \cdot (b - 3.\phi) = 1.4\,(30 - 3 \times 2) = 33.6\ cm^2$$

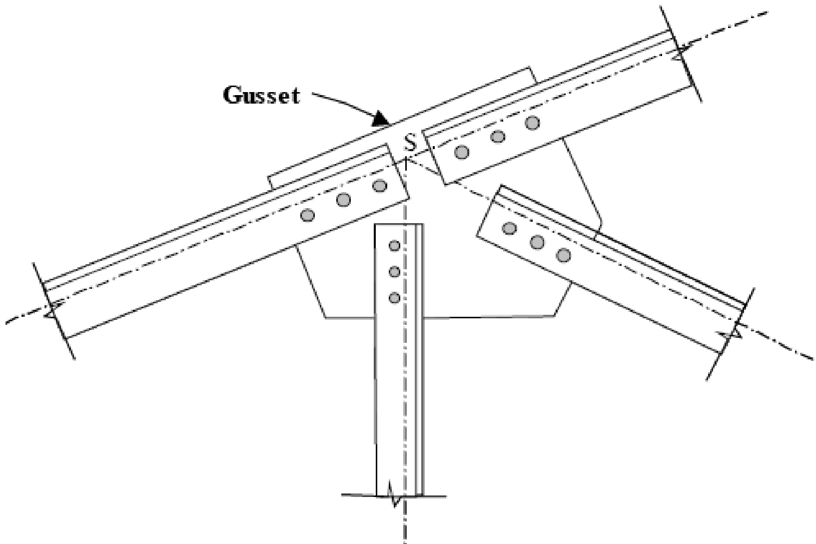
$$A_{net} \cdot F_{pt} = 33.6 \times 1.4 = 47.04\ t$$

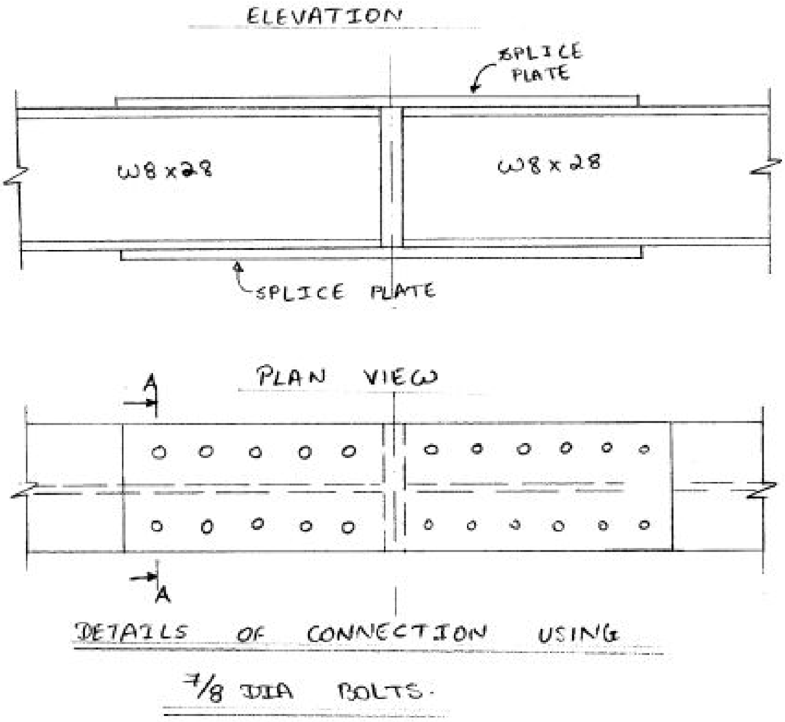
و عليه تكون مقاومة الوصلة هي القيمة الصغرى أي 47.04 t

٥. رسم وصلات ذات مسامير:

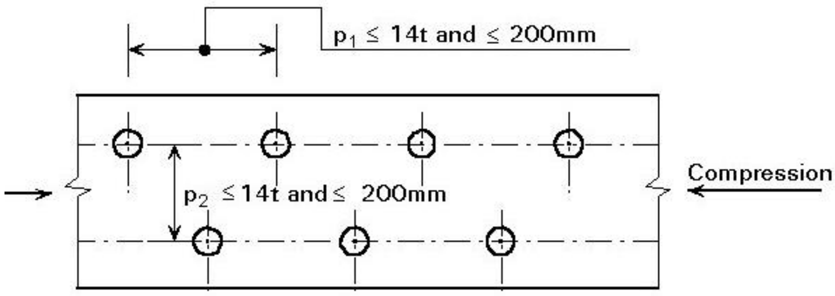
- مسامير البراشيم Rivets :

تختلف عن بعضها في موادها و أشكالها و مقاساتها. وتستعمل لوصل العناصر الرقيقة مثل الصفائح و الشرائح المعدنية. والشكل(5.6)و الشكل (5.7) يبينان نماذج لمسامير البراشيم و استعمالها.





الشكل ٥,٦ : نماذج لمسامير البراشيم و استعمالها.



الشكل ٥,٧ : نماذج لمسامير البراشيم و استعمالها.

٦. طرق ربط المسامير و استلامها

يتم ربط أضلاع و عناصر المنشآت الفولاذية ببعضها إما باللحام أو بمسامير البرشيم أو مسامير قلاووظ.

إنشاءات معدنية

الوصلات باللحام

الوحدة السادسة : الوصلات باللحام

الجدارة : التعرف من خلال هذه الوحدة على أنواع اللحام ،و الطرق المستخدمة للحام في الورشة و الموقع، وعيوب اللحام و طرق الكشف عنها ،و تصميم و صلات اللحام المعرضة لقوى محورية ،و الرموز المستخدمة للحام،و رسم و صلات اللحام .

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على أنواع اللحام.
- تتعرف على الطرق المستخدمة للحام في الورشة و الموقع.
- تكتشف عيوب اللحام و طرق الكشف عنها
- تصمم وصلات اللحام المعرضة لقوى محورية.
- تتعرف على الرموز المستخدمة للحام.
- ترسم و صلات اللحام .

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٦ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

الوصلات باللحام

١. مقدمة :

اللحام عبارة عن عملية صهر سيخ من المعدن (سيخ اللحام) وفي نفس الوقت تسخين الأجزاء المراد لحامها إلى درجة الإحمرار فيتساقط المعدن المنصهر من سيخ اللحام بين الأجزاء المراد لحامها بحيث نحصل على جزء واحد عندما تبرد. وتعتبر اللحامات من بين الطرق المستخدمة لربط حديد المنشآت مع بعضه في الوقت الحاضر . ويستعمل بشروط ومواصفات خاصة كمثل المتبعة في مواصفات هيئة اللحام الأمريكية حيث تتم عملية اللحام (Welding process) عادة كالآتي :

- **بعض الملحوظات على عملية اللحام :**

- لا تستخدم المنشآت الملحومة إلا إذا كانت مبنية على المخططات التنفيذية.
- يتم تجميع ولحام قطاعات الصلب بالطرق التي ينتج عنها استقامة صحيحة للمحاور بدون التواء.
- يجب مسك الأجزاء المراد وصلها باللحام بطريقة تحقق أقل قدر من إجهادات التقلص التي تحصل أثناء عملية اللحام مع بقاء الأجزاء محافظة على شكلها المطلوب.
- الاوساخ والشحوم والزيوت والرطوبة والصدأ والقشور والطلاء الذي قد ينتج عنه تأثير عكسي على جودة اللحام يجب إزالتها من أسطح مناطق اللحام والأوجه الملامسة.
- يجب التحقق من توافق معادن تعبئة اللحام مع المعادن الأصلية التي سيتم لحامها. كما يجب التأكد من توافق معادن تعبئة اللحام مع المواد المساعدة ومع طرق اللحام المستخدمة أيضاً.
- يجب الأخذ في الاعتبار خصائص الصلب وذلك لتجنب حدوث هشاشة أو شروخ مبكرة.
- يجب أن تتم عمليات اللحام بتتابع يعمل على تخفيض الإجهادات الناتجة عن اللحام إلى أدنى قيمة.
- أثناء عملية اللحام وتبريده، يجب حماية الأعضاء الملحومة من الارتجاج أو الاهتزاز.
- يجب إصلاح اللحامات غير المطابقة للمواصفات.
- تكون تقنية أعمال اللحام والمصنعية ومظهر ودرجة جودة اللحامات والطرق المستخدمة في إصلاح اللحامات غير المطابقة طبقاً للمواصفات القياسية ذات العلاقة.

طريقة لحام حديد المنشآت عال المقاومة (High Strength Steel) تتبع إحدى الطرق الآتية:

1- طريقة اللحام بقوس غاطس (Submerged –Arc)
2- طريقة اللحام بقوس معدني بالغاز(Gas Meta –Arc)
3- طريقة اللحام بسيخ اللحام (Flux Cored –Arc) وهي الأكثر استعمالا ويستخدم عادة أسياخ اللحام في هذه اللحامات أو جرانيولار فلكس (Granular Flux) ولا يسمح على الإطلاق باستخدام لحام الاوكسجين .

٢. مزايا اللحام Advantages of Welding

الإنشاءات الملحومة عموما أخف وزنا من الإنشاءات المبرشمة و هذا الجانب الاقتصادي في المواد المستعملة يرجع إلى عدم الحاجة إلى ألواح التجميع (Gusset Plates) أو مواد وصل أخرى على عكس الوصلات المبرشمة التي توجد بها فتحات مثقبة تقلل من حجم المساحة الفعالة، بينما في اللحام تأخذ كامل مساحة المقطع ، فعلى سبيل المثال، الأجزاء المسطحة الصغيرة، الزوايا، و المساحات الأخرى يمكن لحامها بسهولة.

وللحام مزايا أخرى ومنها :

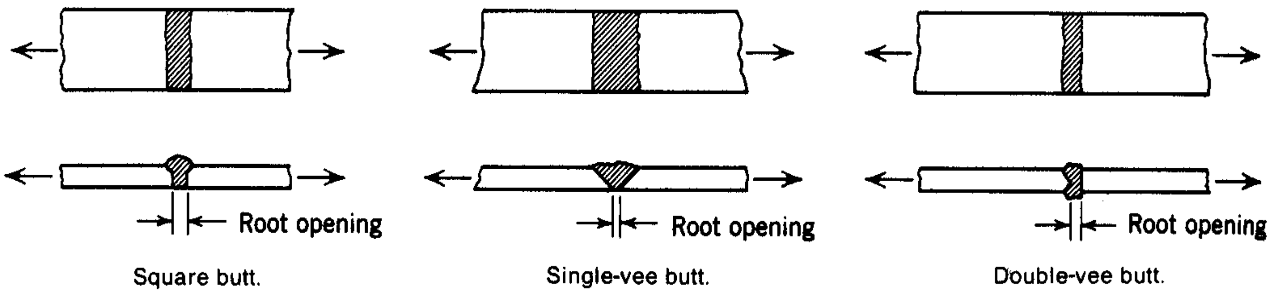
- اللحام يسمح بترتيب الأجزاء المعدنية المراد لحامها بحيث تعطي أكبر فعالة.
- إمكانية الإضافة و التغير للمنشأ القائم بسهولة.
- المنشآت الملحومة تتميز بحسن جمالها و نعومة مظهرها مما يساعدها على استعمال أقل الدهانات و الصيانة (بحيث يجعلها لا تحتاج إلى كمية معتبرة من الصيانة و الدهانات).
- يمكن لحام أية مساحة مهما كان شكلها و حتى التي يتعذر برشمتها.

٣. أنواع اللحام Types of Welded Connections

يوجد نوعان رئيسان للحام هما :

أ- لحام تقابل Butt Weld

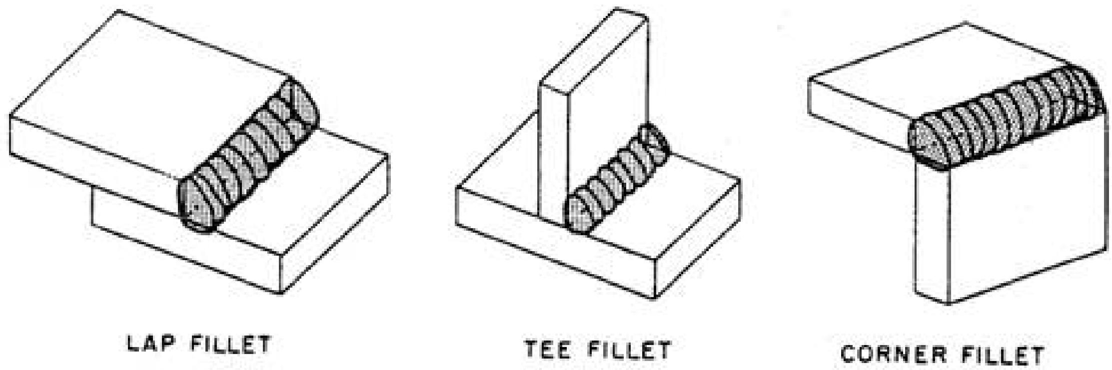
و فيه يتقابل اللوحان المراد لحامهما ويتم اللحام بحيث يكونان جزءا واحدا و يتم شطف الألواح حسب سمكها لزيادة مساحة اللحام، بإحدى الطرق التالية (الشكل 6.1).



الشكل ٦,١ : نماذج للحام التقابلي.

ب- لحام زاوي Fillet weld

و فيه يتم اللحام لجانبي الألواح المراد لحامهما بعد تجهيزهما و كذلك حسب وضع الألواح و أطوال اللحام المطلوبة كالآتي (**الشكل** 6.2):



الشكل ٦,٢ : نماذج للحام الزاوي.

- وصلات تقابل Butt Joint
- وصلة تائية Tee Joint
- وصلة تراكب Lap Joint
- وصلة زاوية Corner Joint
- وصلة طرفية Edge Joint

٤ . الطرق المستخدمة للحام في الورشة و الموقع

هناك عدة طرق تستخدم للحام نذكر منها ما يلي :

١- طريقة اللحام بالغاز

يتم لحام المعادن بواسطة الحرارة الناتجة من المشعل الخاص بالا وكس إسيتلين حيث يقوم المشعل بمزج الأوكسجين مع الإسيتلين وإشعالهما ، واللهب الناتج يستخدم في عمليات لحام المعادن.
و يكون الأوكسجين في أسطوانة والإسيتلين في أسطوانة أخرى، ونظرا لوجود هذه الغازات تحت ضغوط عالة يتم استخدام منظمات للضغط على كل أسطوانة ، ويتم توصيل الأوكسجين والإسيتلين من الأسطوانات إلى المشعل بواسطة خراطيم بحيث يكون لون خرطوم الأوكسجين (أخضر) ولون خرطوم الإسيتلين (أحمر) ويتم بعد ذلك خلط الغازين وإشعالهما بواسطة المشعل كذلك بواسطة مقدمة المشعل.

٢- طريقة اللحام الكهربائي

يستخدم اللحام الكهربائي الحرارة الناتجة من التيار الكهربائي لإذابة وتجميع أجزاء المعدن ببعضها.
يجب توصيل الجسم الخارجي لماكينة اللحام بالأرض ، ويتم ذلك بتوصيل ملقط الأرضي بطاولة اللحام أو بالمعدن المراد لحامه.

ويتم في الورشة عمل جميع الأجزاء الثابتة والثقيلة التي يتم تنفيذها ثم تذهب إلى المشروع وتوضع في مكانها ويتم أيضا قطع جميع مقاسات البليد " صاج الحديد " بمختلف أسماكه وأيضا فبركة جميع الأجزاء الخاصة التي تحتاج مقاسات دقيقة وتنظيم معين في اللحام والتجميع وأيضا يتم في الورشة لحام جميع الأجزاء التي يتم فكها لكي يتم إصلاحها وترجع إلى مكانها وهذا بالنسبة للحديد
أما بالنسبة للبايب " PIPE" فيتم أخذ جميع المقاسات ويتم التفصيل وتجميع الأجزاء الخاصة بالبايب مثل الفلنجات والبلوف ولوازم البايب من وصلات T وجميع أنواع الفيتنق "fitting" التي يتم تركيبها على البايب.

٥. عيوب اللحام و طرق الكشف عنها

عيوب اللحام Disadvantages of Welding

- عملية اللحام تحتاج إلى إشراف و مهارة عالة
- أثناء عملية اللحام هناك تسخين و برودة غير منتظمة مما يسبب انكماشا غير متساو في الأجزاء الملحومة.

و هناك بعض الاحتياطات يجب مراعاتها خلال عملية اللحام:

- يجب استعمال أقل كمية من أسياخ اللحام.
- يجب استعمال أقل عدد من الأجزاء المركبة.

و يمكن التأكد من سلامة اللحام، بالطرق التالية :

- الفحص البصري
- باستخدام الموجات فوق الصوتية
- باستخدام أشعة إكس أو جاما
- باستخدام الصبغات

٦. تصميم وصلات اللحام المعرضة لقوى محورية

توجد عدة أنواع للحام الوصلات منها النوعان الرئيسان التاليان:

- لحام تقابلي Butt Weld

وفيه يتقابل اللوحان المراد لحامها بشطف أو بدون شطف و تتساقط مادة اللحام بينهما و قد توضع خوصة حشو أسفل اللحام. و تنتقل فيها القوى عن طريق إجهادات الشد أو الضغط المباشر.

- لحام زاوي Fillet Weld :

وفيه يتعامد الضلعان المراد لحامها و يلحمان من الجانبين بتجهيز أو بدون تجهيز. وتنتقل فيه القوى عن طريق القص و أحيانا عن طريق الشد أو الضغط.

- **الإجهادات المسموح بها في اللحام:**

الإجهادات المسموح بها في اللحام الممتاز(Class I) أعلى من تلك المسموح بها في اللحام الجيد (Class I I) حسب الآتي :

- لحام تقابلي درجة ممتازة Class I) :

الشد $f_w = 1.0 \times f_{pt}$

الضغط $f_w = 1.1 \times f_{pt}$

القص $f_w = 0.6 \times f_{pt}$

- لحام تقابلي درجة جيدة Class I I) :

الشد $f_w = 0.7 \times f_{pt}$

الضغط $f_w = 1.0 \times f_{pt}$

القص $f_w = 0.55 \times f_{pt}$

- لحام زاوي درجة ممتازة Class I) :

لإجهادات الشد و الضغط و القص $f_w = 0.45 \times f_{pt}$

- لحام زاوي درجة جيدة Class I I) :

لإجهادات الشد و الضغط و القص $f_w = 0.40 \times f_{pt}$

- **مقاس اللحام:**

- مقاس اللحام في اللحام التقابلي هو مقاس أقل اللوحين المتقابلين سمكا و عرضا
- مقاس اللحام في اللحام الزاوي يحتسب سمك اللحام S و هو عرض اللحام عند التقائه باللوح.

أما القطاع الحرج الذي تحتسب عليه الإجهادات يساوي s (0.707) و تكون المساحة المقاومة للحام:

(l. s. (0.707

حيث إن l هو طول خط اللحام.

و تكون القوة المقاومة للحام هي : $P = l.\ s.\ (0.707).\ f_w$

مثال :

صمم الوصلة بين لوحين مقاس ٢٠٠ mm x 10 mm و الآخر مقاس ٣٠٠ mm x 12 mm و اللحام درجة اولى و الصلب المستحدم ٣٧.

الحل :

بالنسبة للتصميم نأخذ أصغر لوح

$$P = A \times f_{pt}$$
$$A = 20 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$$
$$F_{pt} = 1.4 \text{ t/cm}^2$$
$$P = 20 \times 1 \times 1.4 = 28 \text{ t}$$

مقاس اللحام عموما محصور بين (4 mm : 10 mm)

لنختار مقاس اللحام يساوي ٨ mm

- لحام زاوي درجة ممتازة (Class I)

لإجهادات الشد و الضغط و القص $f_w = 0.45 \times f_{pt}$

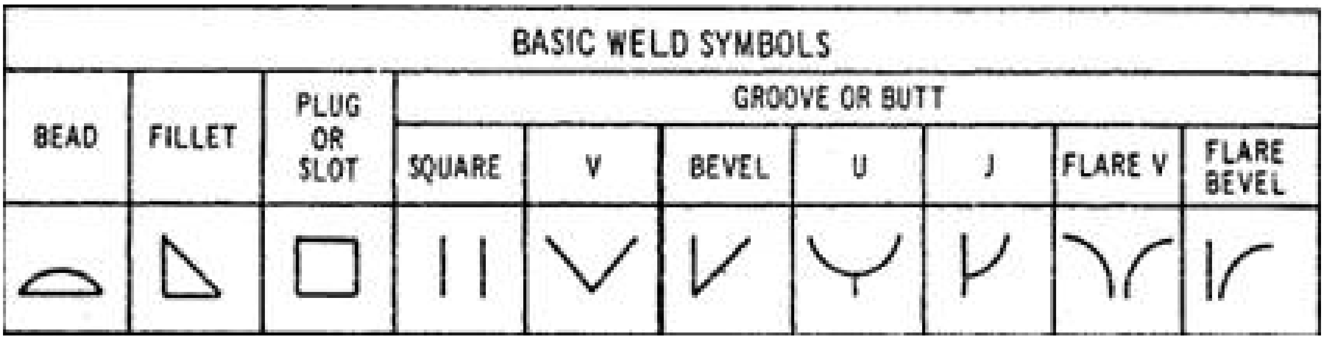
$$f_w = 0.45 \times f_{pt}$$

٧. الرموز المستخدمة للحام:

تستخدم رموز اللحام في الرسم للدلالة على نوع الوصلة و مكانها (الجدول ١,٦) و لأستخدامها يجب الانتباه إلى الملحوظات التالية:

- يشار إلى مكان اللحام بسهم و يرسم الرمز فوق خط السهم معلقا به.
- إذا كان المطلوب لحام الجهة غير التي يشير إليها السهم، يرسم الرمز فوق خط السهم.
- إذا كان المطلوب لحام الجانبين فيرسم الرمز على جانبي السهم.

الشكل 6.3 يبين الرموز الأساسية للحام و الشكل 6.4 يبين تطبيق رموز اللحام على الخط المرجعي والشكل 6.5 يبين تعيين أماكن اللحام بواسطة خط السهم.



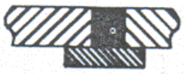
الشكل 6.3 : الرموز الأساسية للحام.

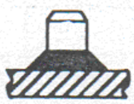
Bead : درزة　　Fillet : زاوي　　Plug : سدادي　　Square : مربع

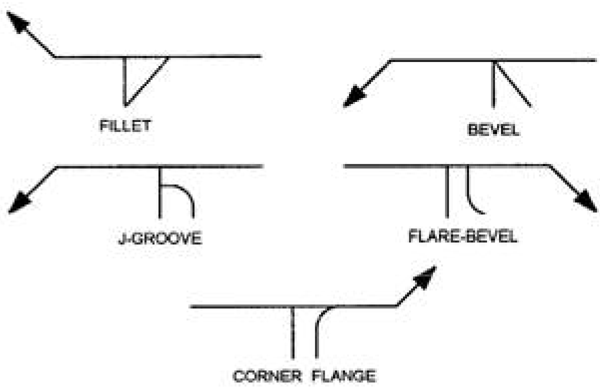
V : على شكل حرف V　　Bevel : سطح مائل　　U: على شكل حرف U

Flare V : يعطي شكل V　　Flare Bevel : يعطي شكل سطح مائل.

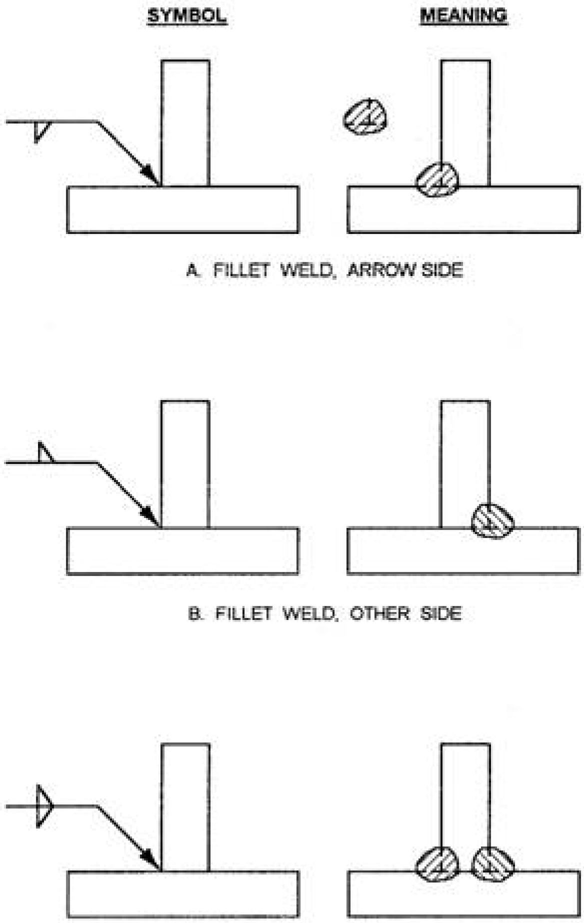
الجدول ١.٦ : أنواع و رموز وصلات اللحام حسب المواصفات المترية البريطانية رقم (BS 499).

المقطع ILLUSTRATION	رمز اللحام WELD SYMBOL	نوع الوصلة JOINT TYPE	نوع اللحام WELD FORM	الصفيحة الملحومة WELDED PLATE THICK. سماكة	EDGE حافة
		تقابلي BUTT	تقابلي BUTT	3 mm	مثنية BENT
		تقابلي مقفولة BUTT	تقابلي BUTT	3 mm	مستقيمة STRIGHT
		تقابلي مفتوحة BUTT	تقابلي BUTT	3 - 6 mm	مستقيمة STRAIGHT
		تقابلي مقواة BUTT	تقابلي BUTT	3 -16 mm	مستقيمة STRIGHT
		تقابلي وجه واحد SINGLE - V BUTT	تقابلي BUTT	5 mm	مشطوفة CHAMFF.RED
		تقابلي وجهين DOUBLE - V BUTT	تقابلي BUTT	12 mm	مشطوفة الجانبين CHAMFERED SIDES
		تقابلي وجه واحد SINGLL – U BUTT	تقابلي BUTT	20 mm	انظر الرسم
		تقابلي وجهين DOUBLE – U BUTT	تقابلي BUTT	40 mm	انظر الرسم
		تراكبية LAP	زاوي FILLET	5 mm	مستقيمة STRAIGHT
		معترضة TEE	زاوي FILLET	> 5 mm	مستقيمة STRAIGHT
		معترضة TEE	تقابلي ثنائي الميل BUTT	> 12 mm	مشطوفة الجانبين CHAMFERED SIDES
		زاوية FILLET	زاوي FILLET	> 5 mm	مستقيمة STRAIGHT

المقطع ILLUSTRATION	اللحام WELD SYMBOL	نوع الوصلة JOINT TYP	نوع اللحام WELD FORM	الصفيحة الملحومة WELDED PLATE	
				سماكة THICK	حافة EDGE
	◺	زاوية FILLET	تقابلي BUTT	> 5 mm	مستقيمة STRAIGHT
	◠	طرفية EDGE	طرفي EDGE		مستقيمة STRAIGHT
	✱	تراكبية OVERLAP	نقطي SPOT	صفائح رقيقة THIN PLATES	انظر الرسم
	⊥	تناكبية ROUND FILLET	نتوئي STUD		مستقيمة STRAIGHT
	⌒	تقابلي BUTT	ختم SEALING		مستقيمة STRAIGHT



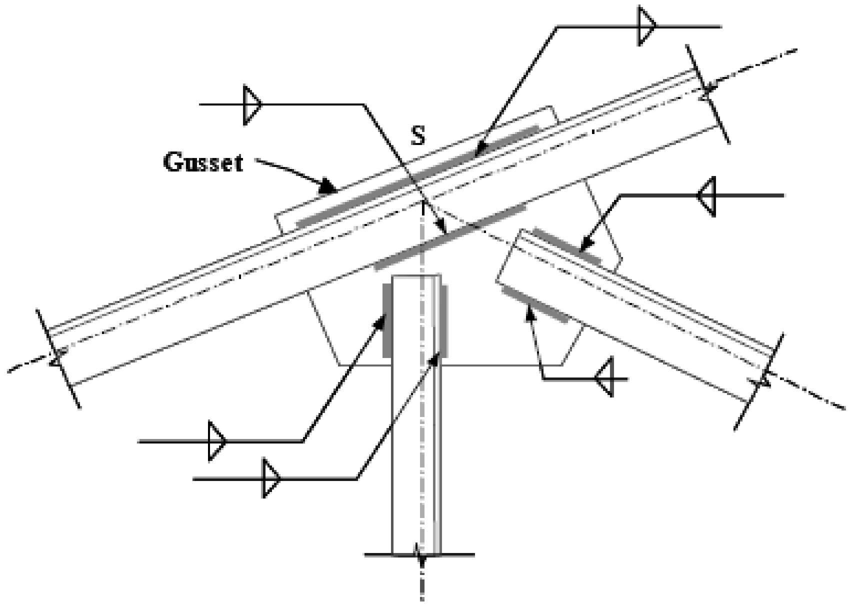
الشكل 6.4 : تطبيق رموز اللحام على الخط المرجعي.



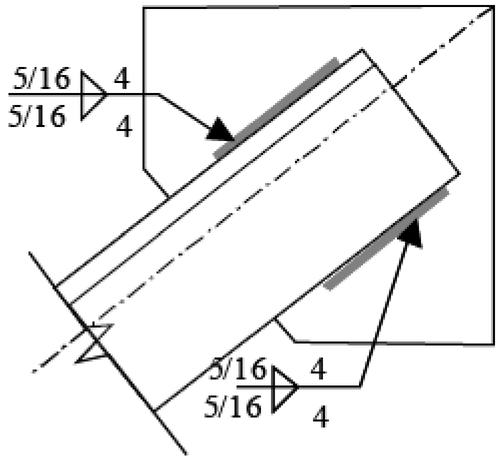
الشكل 6.5 : تعيين أماكن اللحام بواسطة خط السهم Specifying Weld Locations

٨. رسم وصلات اللحام:

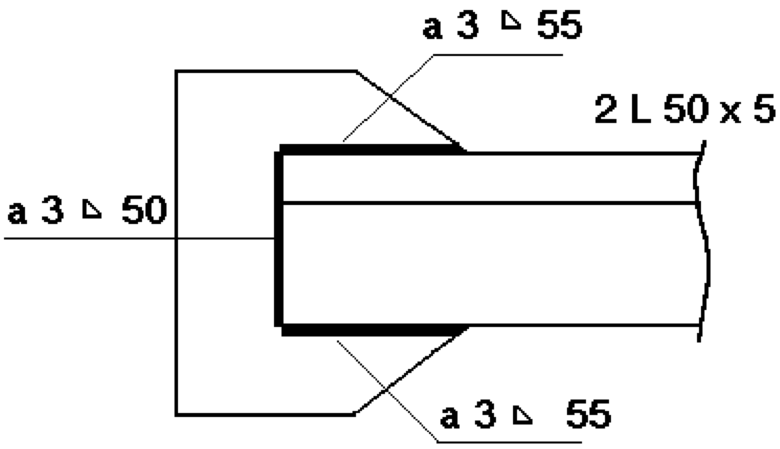
اللحام هو عملية وصل المعدن بتسخين الوصلة حتى درجة حرارة عالة بدون حاجة لاستعمال الضغط و عملية التثبيت باللحام تعتبر من الوصلات الدائمة و التي لا يتطلب فكها. ومن مميزات اللحام عن وسائل الرباط الأخرى هو بساطة العملية و رخصها و زيادة في متانة الوصلة و سهولة في الصيانة. وهناك أنواع من الوصلات المختلفة في اللحام و كل رمز يجب توضيحه على الرسومات. الشكل 6.6 يبين نموذج رسم للحام لعناصر الجملون و الشكل 6.7 يبين نموذج لوصلة لحام و الشكل 6.8 يبين نوذج للحام في الجهتين الأفقية و العمودية و الشكل 6.9 يبين مراحل لحام لوح التربيط بزاويتين.



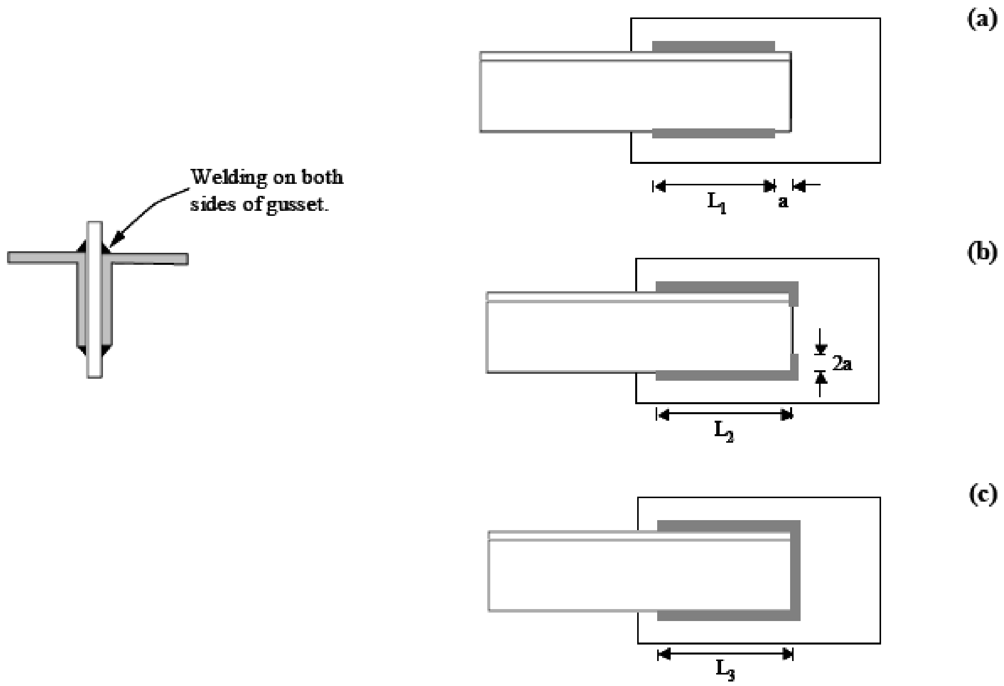
الشكل 6.6 : نموذج رسم اللحام لعناصر الجملون.



الشكل 6.7 : نموذج لوصلة لحام.



الشكل 6.8 : نموذج للحام في الجهتين الأفقية و العمودية.



الشكل 6.9 : مراحل لحام لوح التربيط بزاويتين.

إنشاءات معدنية

وصلات الارتكاز للمنشآت الفولاذية

الوحدة السابعة : وصلات الارتكاز للمنشآت الفولاذية

الجدارة : التعرف من خلال هذه الوحدة على أنواع الوصلات عند القواعد و تصميم الوصلة المفصلية و طرق تنفيذ الوصلات عند أماكن الارتكاز مع القواعد.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على أنواع الوصلات عند القواعد.
- تصمم الوصلة المفصلية.
- تتعرف على طرق تنفيذ الوصلات عند أماكن الارتكاز مع القواعد.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٤ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

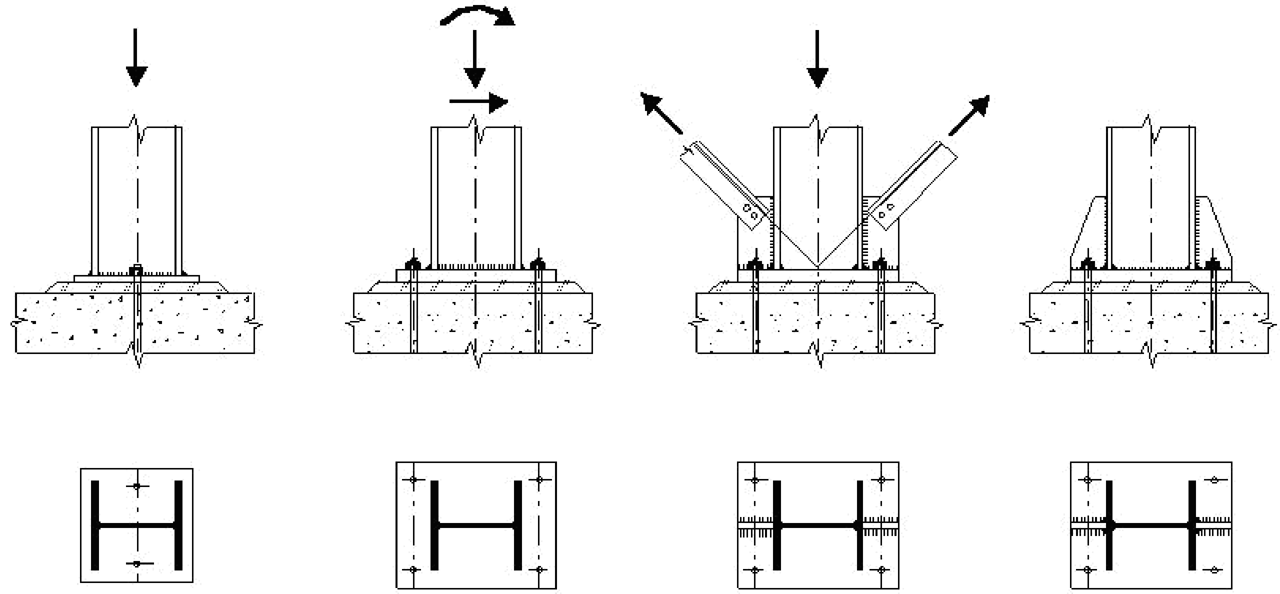
متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

وصلات الارتكاز للمنشآت الفولاذية

١. مقدمة :

أحمال المبنى تنقل بواسطة الأعمدة و نظرا لثقل هذه الأحمال فيصعب تحويلها مباشرة إلى التربة. فلهذا السبب أصبح من الضروري استعمال وسيط آخر بين الأعمدة و التربة. وتعتبر القاعدة أداة نقل حمل العمود إلى طبقة الارتكاز و منه إلى التربة. أي بمعنى آخر فإن قاعدة العمود تنقل الحمل إلى القواعد الخرسانة المسلحة أو قواعد الخرسانة العادية و منها إلى التربة (الشكل 7.1 و الشكل ٧,٢).

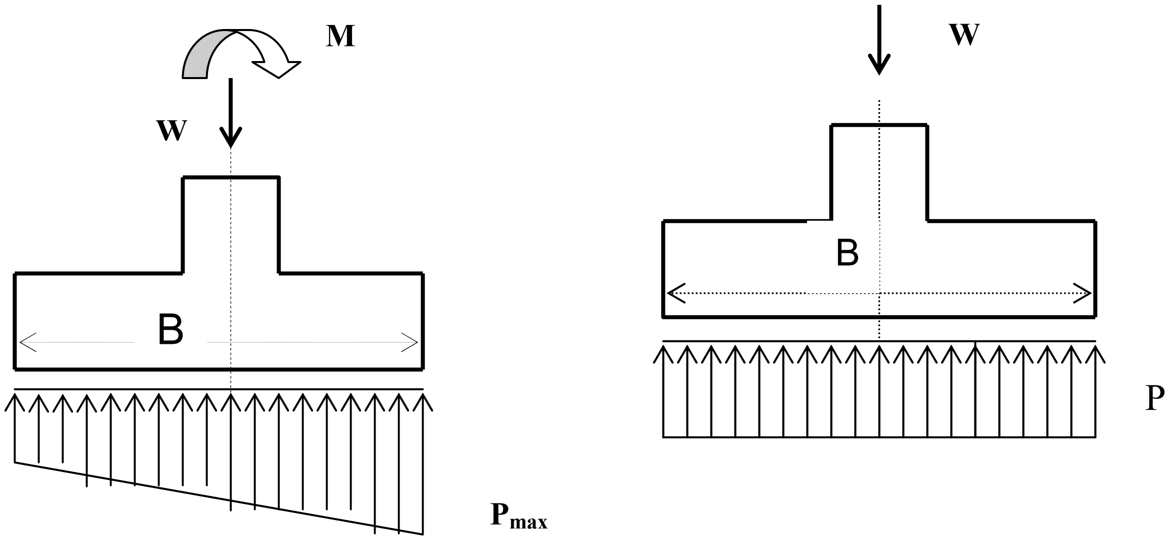


الشكل ٧,١ : أنواع ركائز الأعمدة Types of Column Bases



الشكل 7.2 : قاعدة عمود فولاذي

وبالنسبة إلى تصميم القواعد يفترض أن القاعدة تكون صلبة بحيث يكون توزيع الضغط على القاعدة منتظماً ومركز الثقل للأحمال يتطابق مع مركز الثقل للقاعدة أو التغيير للضغط يكون خطياً في حالة مركز الثقل للأحمال لا يتطابق مع مركز الثقل للقاعدة والشكل 7.2 يبين هاتين الحالتين.



(أ) عمود محمل مركزيا   (ب) عمود معرض لحمل غير مركزي

الشكل 7.2 : توزيع الإجهادات للوح القاعدة

٢. أنواع الوصلات عند القواعد:

هناك نوعان من الوصلات (ألواح قواعد الأعمدة) عند القواعد:

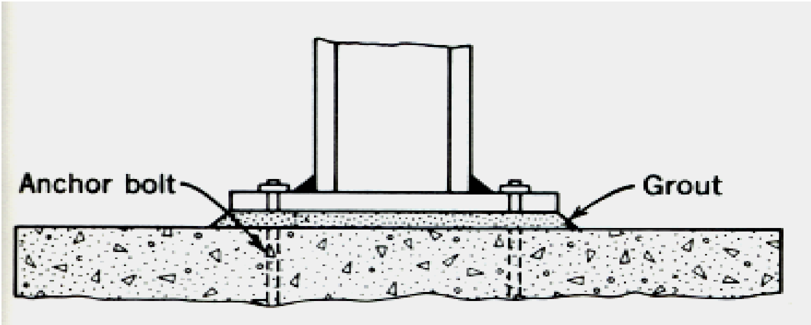
أ) لوح قاعدة عمود بدون ألواح تقوية Base Plate without Gusset Plates

ب) لوح قاعدة بألواح تقوية Gusseted base

- **وصلة (لوح) قاعدة عمود بدون ألواح تقوية:**

بالنسبة إلى الأعمدة الحاملة لأحمال خفيفة فيستخدم لوح قاعدة بدون ألواح تقوية (الشكل 7.3). فالحمل يحوّل إلى صفيحة القاعدة من خلال سطح الارتكاز (Bearing). أما بالنسبة إلى الأعمدة الحاملة

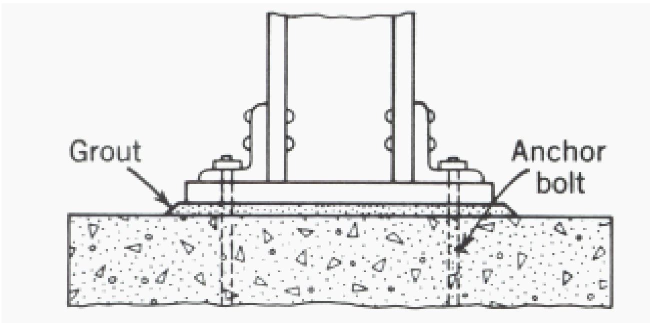
لأحمال ثقيلة فيستخدم لوح قاعدة مزودة بألواح تقوية Gusseted base. فالحمل ينقل إلى القاعدة جزءاً من خلال سطح الارتكاز و الجزء الآخر من خلال ألواح التقوية Gussets.



الشكل 7.3: قاعدة عمود بدون ألواح تقوية

- لوح قاعدة بألواح تقوية Gusset bases:

بالنسبة لهذه الأعمدة فإن أدوات الرباط تشمل ألواح التقوية، و كتيفة من زاوية حديدية، و روابط إلخ. بالاشتراك مع مساحة الارتكاز للجذع فإن كل التسطح المصنوع للركائز يجب أن يكون كافياً لتحمل الأحمال و عزوم الانحناء و قوى رد الفعل لألواح القاعدة دون تجاوز الإجهادات المحددة (الشكل 7.4).



الشكل 7.4: قاعدة عمود بألواح تقوية

٣. تصميم الوصلة المفصلية:

لنفرض أن قواعد الأعمدة معرضة لقوى محورية أي إن العمود محمل تحميلا محوريا و يتم تجهيز العمود بحيث يكون مستويا و ملامسا لسطح اللوح و لذا تنص المواصفات على أن يتم نقل ٦٠% من الحمل بواسطة و سائل الربط بين العمود و لوح القاعدة إما بلحام العمود (بلحام زاوي) يتم حساب طوله و مقاسه بحيث ينقل القوى المطلوبة أو باستخدام القواعد المسمارية حيث يتم تزويد الألواح بزوايا للقاعدة و ينتقل الحمل من العمود إلى الزوايا و منها إلى لوح القاعدة و يتم تزويد القواعد بجوايط (Anchor (Bolts

لتثبيت الألواح في القواعد الخرسانية. و يتم اختيار مساحة لوح القاعدة حسب قدرة تحمل مادة الأساس و تقدر مقاومة الخرسانة المسلحة في الضغط (f_{cc}) بحوالي $40 - 60\ kg/cm^2$.

و يمكن حساب مساحة لوح القاعدة:

$$A = \frac{P}{f_{cc}}$$

حيث إن :

- P الحمل المركزي
- A مساحة لوح القاعدة
- C عرض لوح القاعدة
- B طول لوح القاعدة.

f_{cc} ـ مقاومة الخرسانة المسلحة المسموح بها للقاعدة.

و تكون إجهادات الضغط موزعة بانتظام و متساوية أسفل لوح القاعدة:

$$\mathbf{f_c = \frac{P}{C \times B}}$$

<u>مثال :</u>

صمم لوح القاعدة لعمود قطاعه B. F. I. 200 و يحمل حملا مركزيا قدره 40 t .

$fc = 40\ \ kg/cm^2$

الحل:

نحسب مساحة لوح القاعدة **A**

$$A = \frac{P}{f_C} = \frac{40000}{40} = 1000\ cm^2$$

نختار لوحاً مقاسه : 340 mm x 300 mm

$$f_C = \frac{40000}{34 \text{ x } 30} = 39.21 \text{ kg/cm}^2 < f_{cc}$$

حسب مواصفات العمود ذي القطاع **B. F. I. 200**

$$b = 20 \text{ cm}$$
$$h = 20 \text{ cm}$$

$$C_1 = \frac{C - d}{2} = \frac{34 - 20}{2} = 7 \text{ cm}$$

$$C_2 = \frac{B - (0.8)\,b}{2} = \frac{30 - (0.8) \text{ x } 20}{2} = 7 \text{ cm}$$

$$C = 7 \text{ cm}$$

حساب سمك لوح القاعدة t

$$t = c\sqrt{\frac{4\,f_c}{f_{pt}}} = 7\sqrt{\frac{3\,39.2}{1400}} = 2.0 \text{ cm}$$

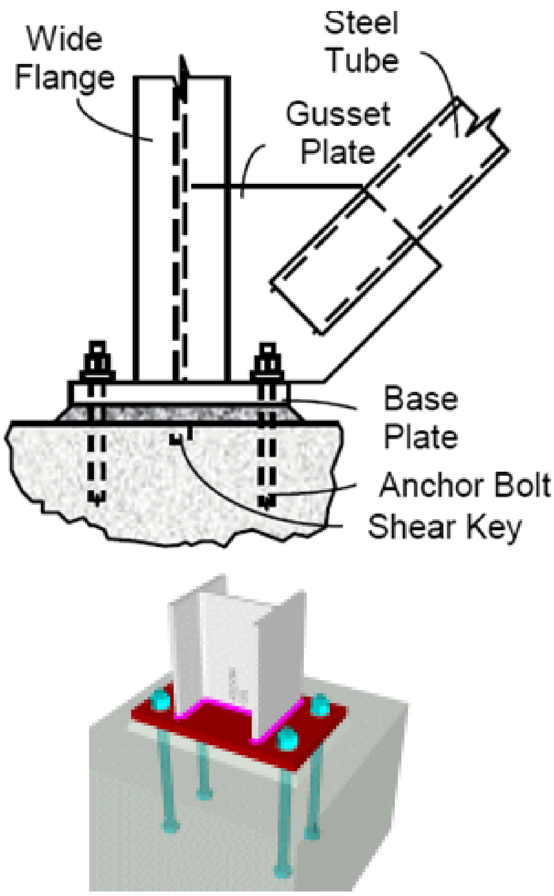
إذاً مقاسات لوح القاعدة = ٣٤٠ x 300 x 200 mm

يتم نقل حوالي ٦٠٪ من الحمل بواسطة وسائل الربط بين العمود و لوح القاعدة .

الحمل = P_1 = ٠,٦ x 40 = 24 t

٤. طرق تنفيذ الوصلات عند أماكن الارتكاز مع القواعد

يجب عمل الاحتياطات اللازمة لنقل أحمال العمود و ما قد يؤثر عليه من عزوم و قوى قص إلى القاعدة ثم إلى الأساس. و يتم تجهيز العمود بحيث يكون مستويا و ملامسا لسطح اللوح و لذا تنص المواصفات على أن يتم نقل ٦٠٪ من الحمل بواسطة وسائل الربط بين العمود و لوح القاعدة إما بلحام العمود بلحام زاوي يتم حساب طوله و مقاسه بحيث ينقل القوى المطلوبة، أو باستخدام القواعد المسمارية حيث يتم تزويد الألواح بزوايا للقاعدة و ينتقل الحمل من العمود إلى الزوايا و منها إلى لوح القاعدة و يتم تزويد القواعد بجوايط Anchor bolts لتثبيت الألواح في القواعد الخرسانية (الشكل 7.5).



الشكل 7.5: نموذج يبين تثبيت ألواح القاعدة.

ويجب القيام ببعض الإجراءات أثناء عملية تنفيذ الوصلات عند أماكن الارتكاز مع القواعد منها :

- ينظف السطح جيدا من الغبار والأوساخ وبقع الزيوت وغيرها.
- يتم تثبيت جميع المسامير وشدها.
- تعالج الفتحات والفواصل الموجودة بالألواح حسب المواصفات.
- توضع الطبقة الأولى من الروفميت وتترك لتجف لعدة ساعات وبعدها يتم وضع الطبقة الثانية.

إنشاءات معدنية

مخططات مشاريع المنشآت الفولاذية

الوحدة الثامنة: مخططات مشاريع المنشآت الفولاذية

الجدارة : التعرف من خلال هذا الوحدة على كل من الرسومات المعمارية التنفيذية،**و** الرسومات الإنشائية،و الرسومات التفصيلية للوصلات،و الرسومات التنفيذية بالورشة،و الرسومات التنفيذية بالموقع.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن اللّه) على أن:

- تتعرف على الرسومات المعمارية التنفيذية.
- تتعرف على الرسومات الإنشائية.
- تتعرف على الرسومات التفصيلية للوصلات.
- تتعرف على الرسومات التنفيذية بالموقع و الورشة

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٤ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

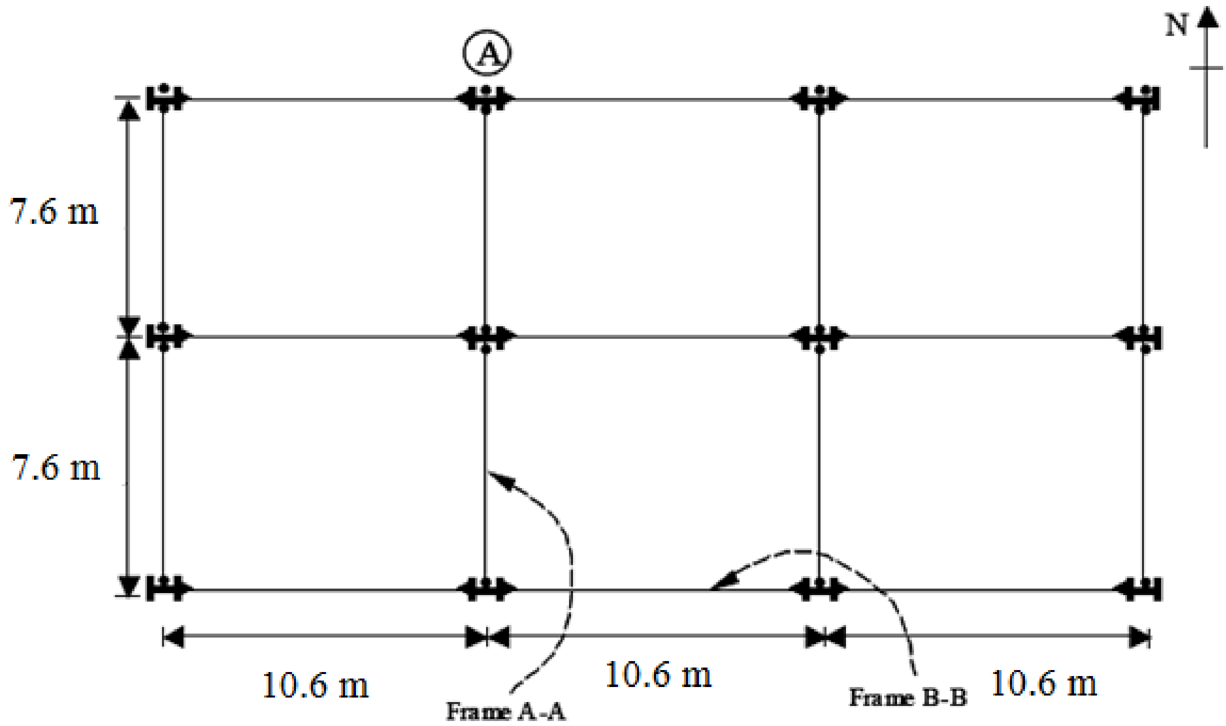
مخططات مشاريع المنشآت الفولاذية

١. الرسومات المعمارية التنفيذية:

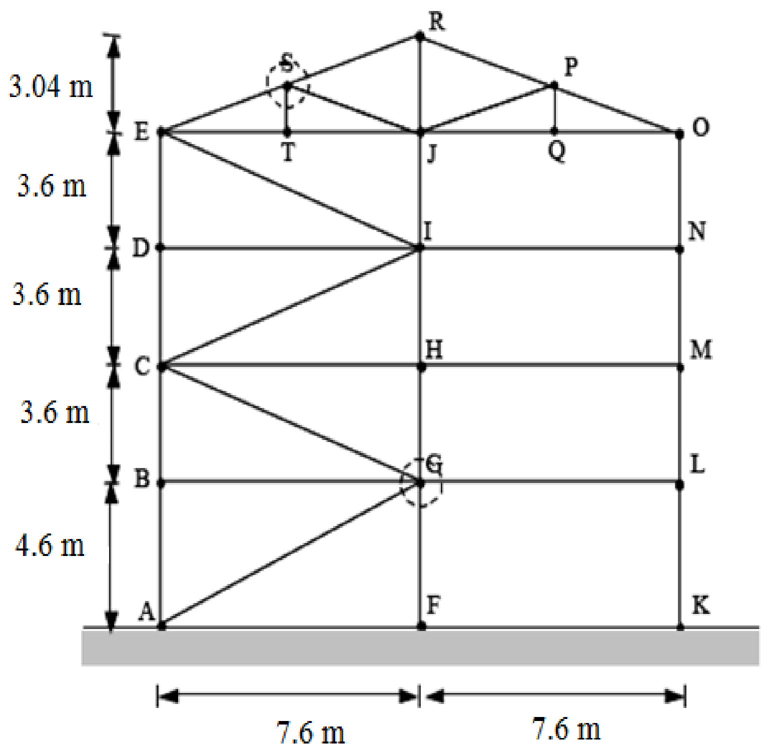
قبل بدء التصنيع الفعلي، يلزم إعداد المخططات التنفيذية التي توضح كامل المعلومات الضرورية لأعمال التجميع لمكونات الأجزاء الإنشائية وتكون هذه المخططات شاملة على مواقع وأنواع ومقاسات اللحامات ومسامير البرشام ومسامير الربط. ويجب أن تميز هذه الرسومات بوضوح بين أعمال اللحام التي تنفذ بالورشة و التي تتم في الموقع وبين مسامير الربط كما يجب أن تعرف هذه المخططات الوصلات المنفذة بواسطة مسامير ربط ذات المقاومة العالة للاحتكاك.

ويجب أن توضح المخططات التنفيذية الوصلات في الأعضاء الحاملة المستخدمة لأغراض التركيب حتى لو أزيلت هذه الأعضاء بعد الانتهاء من التركيب. وإذا حدث أثناء التصنيع أن تطلب الأمر إجراء تعديلات لم تكن مذكورة على المخططات التنفيذية فيجب تصحيح هذه المخططات.
وبالنسبة للروافد والحمالات الرئيسة الفولاذية، فيجب أن تبين المخططات التنفيذية ترتيب أجزاء هذه الروافد والوصلات الخاصة وطرق التوصيل والأجزاء التكميلية على أن تشمل هذه المخططات المواقع والمسافات بين الروافد. ويجب أن تبين المخططات التنفيذية طريقة ترتيب وحدات السطح وأنواعها وتفاصيل التثبيت الخطي والظروف التي تتطلب وضع شرائح النهاية (القفل) والإطارات التكميلية واوعية البالوعات والشرائح المضلعة والفتحات المكشوفة والوصلات الخاصة.

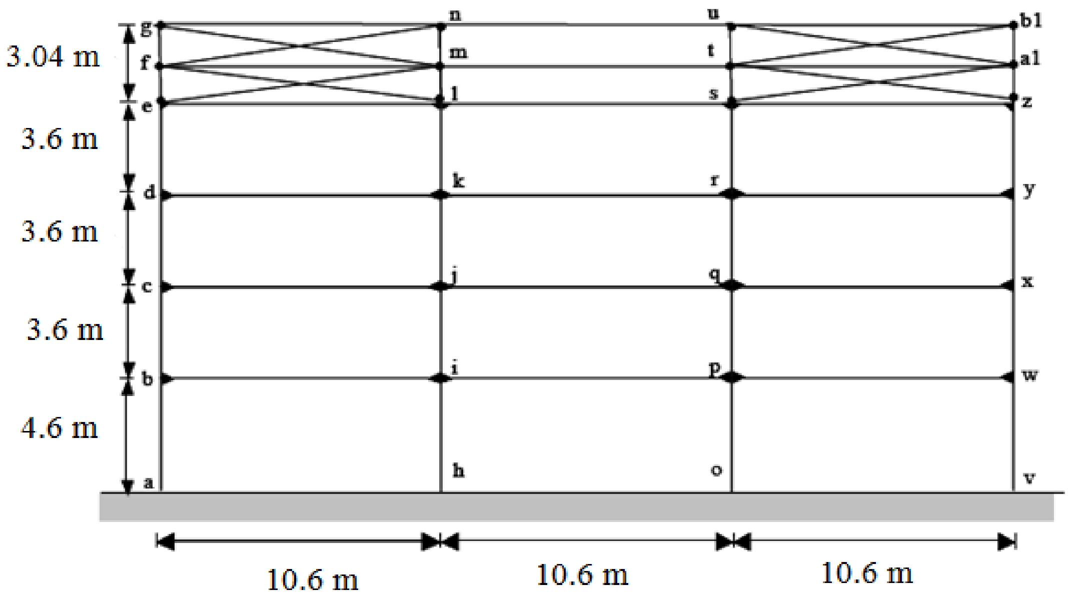
و هذه الرسومات تتضمن الأبعاد و المعلومات اللازمة لتصميم المنشأ و المقاطع. والشكل 8.1 يبين المخطط المعماري للدور الأرضي لمنشأ فولاذي، و الشكل 8.2 والشكل 8.3 يبينان المقطع الرأسي A-A و المقطع B-B على التوالي للمنشأ الفولاذي.



الشكل 8.1 : المخطط المعماري لمنشأ فولاذي.



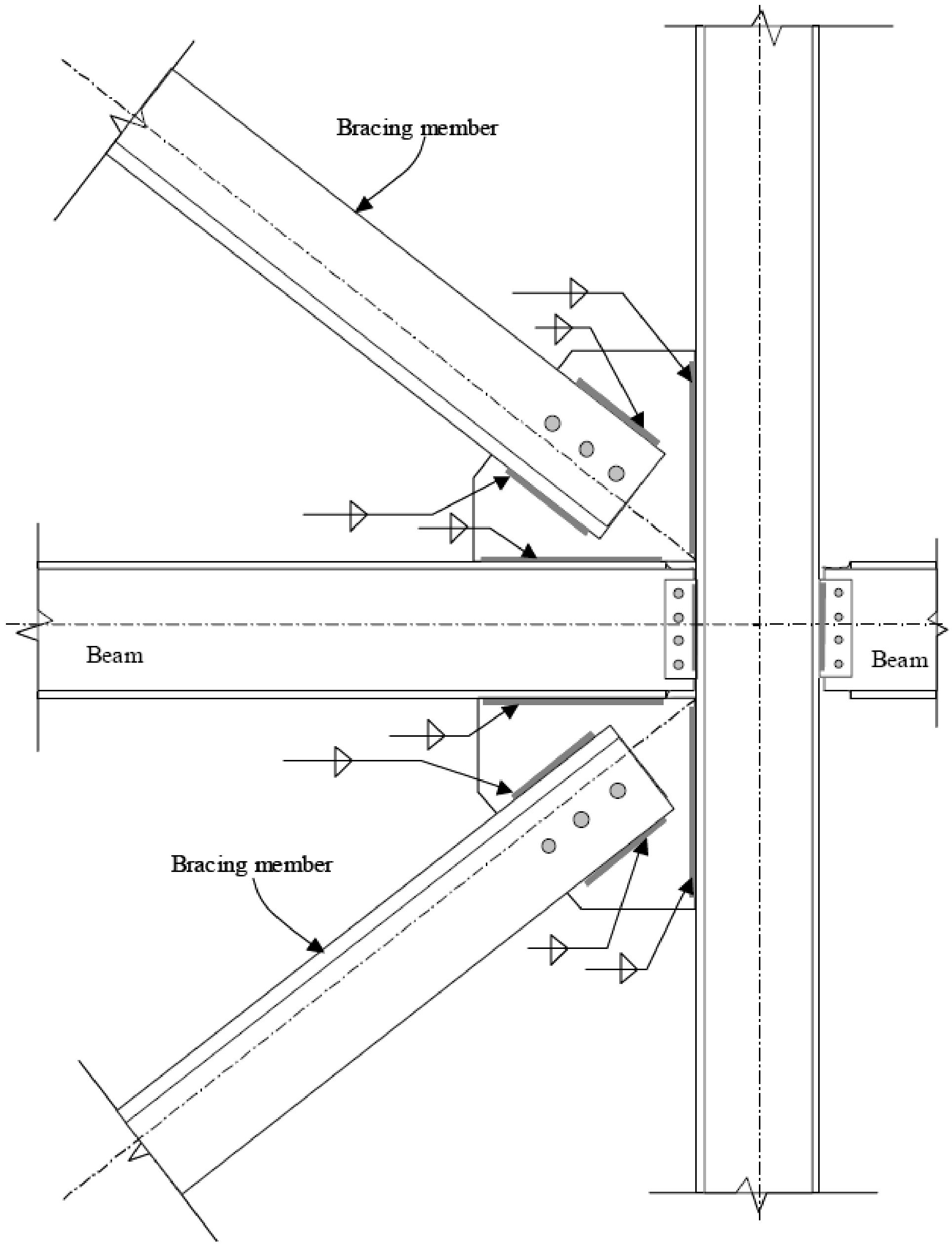
الشكل 8.2 : المقطع الرأسي A-A للمنشأ الفولاذي.



الشكل 8.3 : المقطع الرأسي B-B للمنشأ الفولاذي

٢. الرسومات الإنشائية:

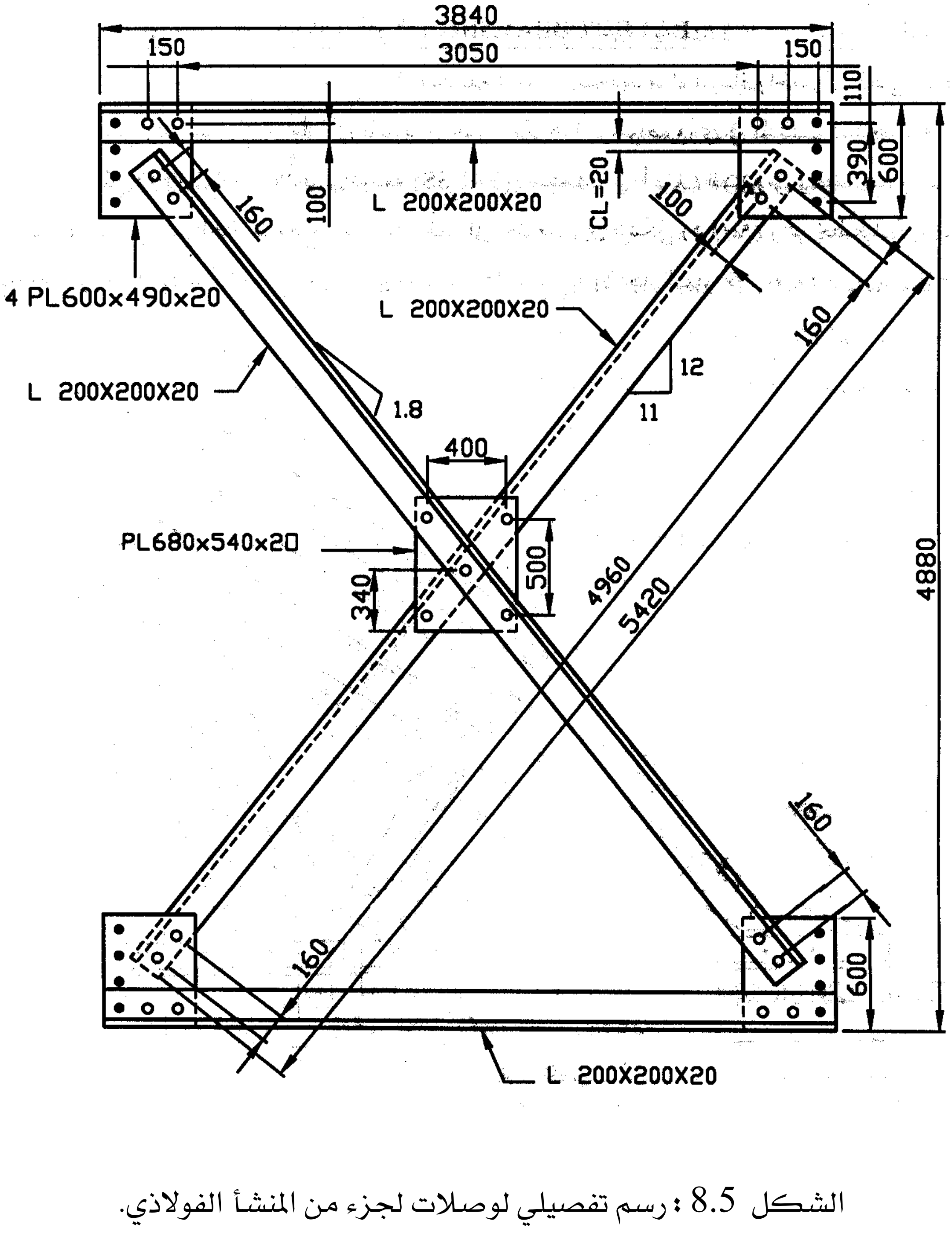
تتكون الرسومات الإنشائية من عدة أنواع من الرسومات الفرعية و اللوائح المكملة كالرسومات التي تتضمن التفاصيل و المعلومات اللازمة لتصميم المنشأ الفولاذي و الرسومات التفصيلية لكل الأضلاع و العناصر الفولاذية و غيرها. وتتضمن كذلك عناصر الربط المستخدمة لربط عناصر و أجزاء المنشأ الفولاذي ببعضها مثل مسامير اللوالب و قضبان الربط و غيرها كذلك تتضمن مقاسات و أعداد هذه العناصر اللازمة و الكافية لربط هيكل المنشأ الفولاذي. والشكل 8.4 يبين رسماً إنشائياً لوصلات المسامير و اللحام لجزء من المنشأ الفولاذي.



الشكل 8.4 : رسم إنشائي لوصلات المسامير و اللحام

٣. الرسومات التفصيلية للوصلات:

هي رسومات مفصلة للوصلات و عناصرها حيث تحتوي على كل التفاصيل كأشكال المقاطع و أبعادها و طرق وصلها. والشكل 8.5 يبين رسماً تفصيلياً للوصلات لجزء من المنشأ الفولاذي.



الشكل 8.5 : رسم تفصيلي لوصلات لجزء من المنشأ الفولاذي.

- **الرسومات التنفيذية بالورشة و الموقع**

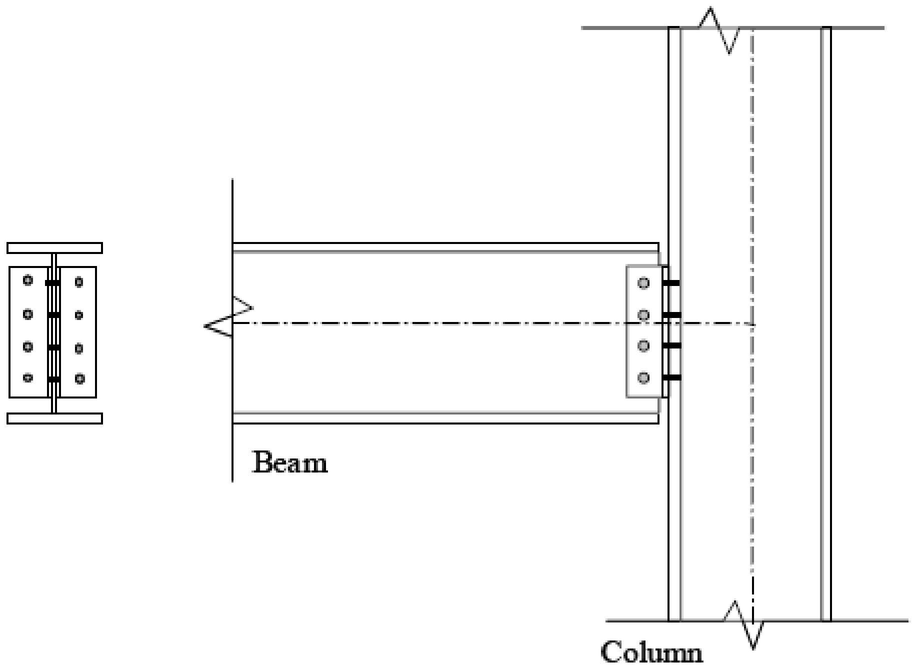
قبل بدء التصنيع الفعلي، يلزم إعداد الرسومات التنفيذية التي توضح كامل المعلومات الضرورية لأعمال التجميع لمكونات الأجزاء الإنشائية وتكون هذه الرسومات شاملة على مواقع وأنواع ومقاسات اللحامات ومسامير البرشام ومسامير الربط. ويجب أن تميز هذه الرسومات بوضوح بين أعمال اللحام التي تنفذ بالورشة والتي تتم في الموقع وبين مسامير الربط كما يجب أن توضع هذه الرسومات الوصلات المنفذة بواسطة مسامير ربط ذات المقاومة العالة للاحتكاك.

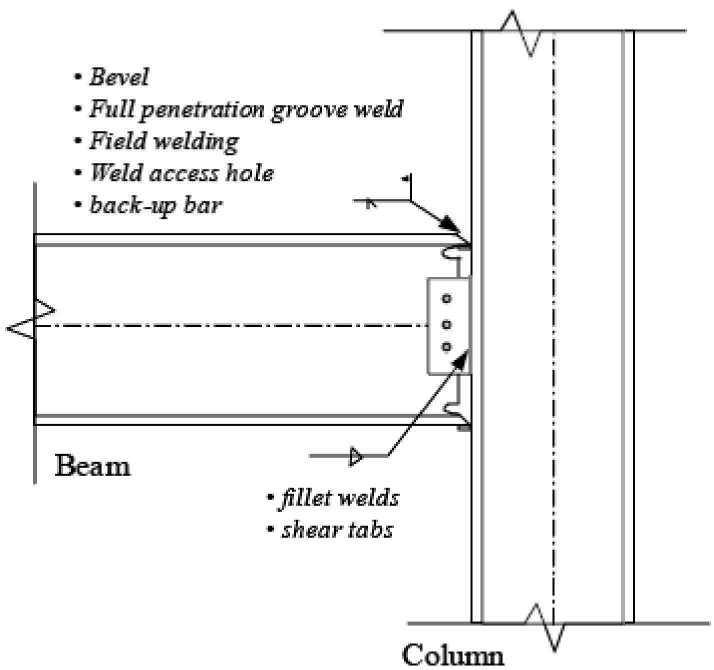
ويجب أن توضح الرسومات التنفيذية الوصلات في الأعضاء الحاملة المستخدمة لأغراض التركيب حتى لو أزيلت هذه الأعضاء بعد الانتهاء من التركيب.

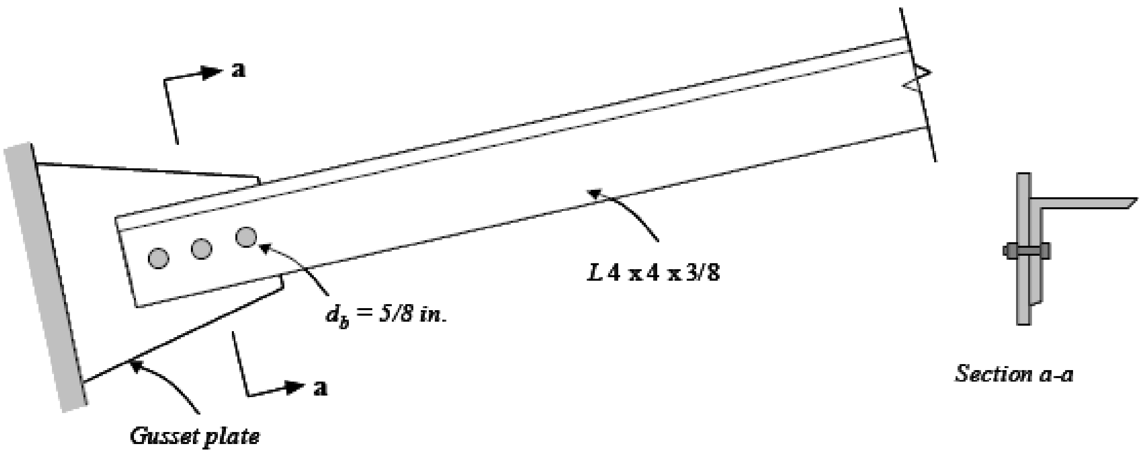
إذا حدث أثناء التصنيع أن تطلب الأمر إجراء تعديلات لم تكن مذكورة على الرسومات التنفيذية فيجب تصحيح هذه الرسومات.

وبالنسبة للروافد والحمالات الرئيسة الفولاذية ، فيجب أن تبين الرسومات التنفيذية ترتيب أجزاء هذه الروافد والوصلات الخاصة وطرق التوصيل والأجزاء التكميلية على أن تشمل هذه الرسومات المواقع والمسافات بين الروافد.

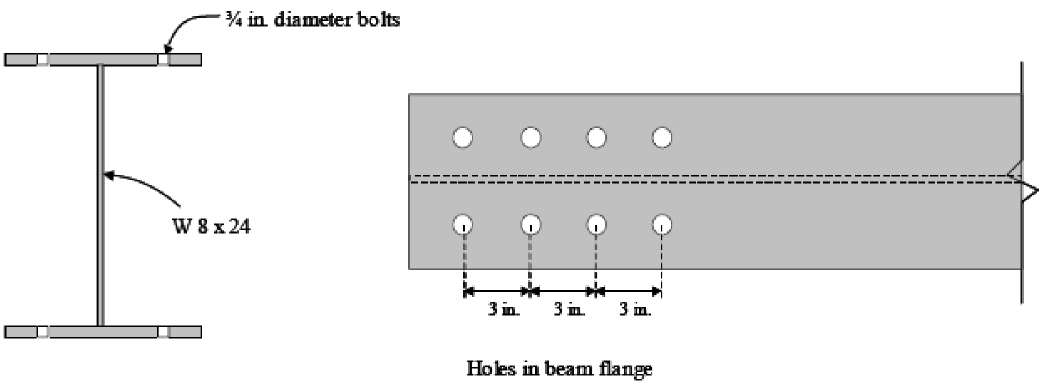
ويجب أن تبين الرسومات التنفيذية طريقة ترتيب وحدات السطح وأنواعها وتفاصيل التثبيت الخطاي والظروف التي تتطلب وضع شرائح النهاية (القفل) والإطارات التكميلية واوعية البالوعات والشرائح المضلعة والفتحات المكشوفة والوصلات الخاصة. و الشكل 8.6 يبين بعض الرسومات التنفيذية لوصلات أجزاء المنشأ. والشكل 8.7 يبين رسماً تنفيذياً للمواقع و المسافات بين الأعمدة الفولاذية لمنشأة معدنية.

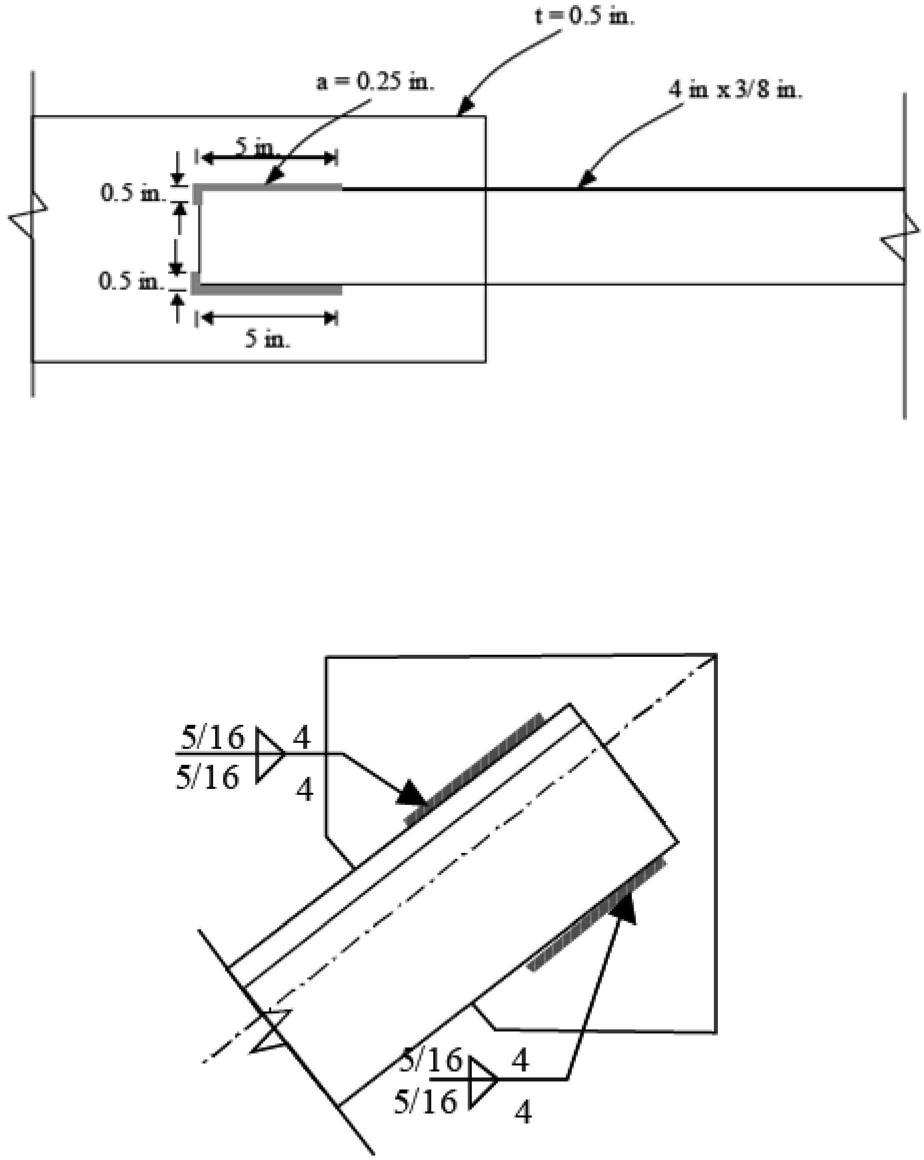

Beam
Column


• Bevel
• Full penetration groove weld
• Field welding
• Weld access hole
• back-up bar
Beam
• fillet welds
• shear tabs
Column

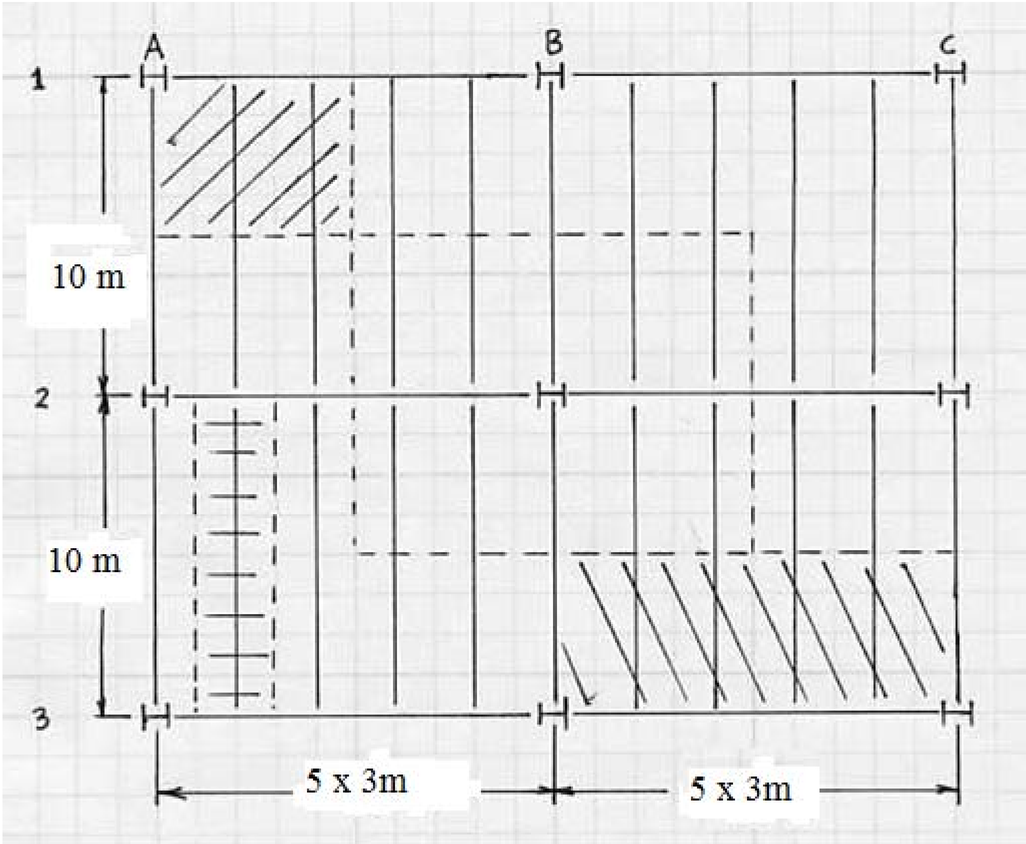

a
a
L 4 x 4 x 3/8
d_b = 5/8 in.
Gusset plate
Section a-a




¾ in. diameter bolts
W 8 x 24
3 in.
3 in.
3 in.
Holes in beam flange



الشكل 8.6 : بعض الرسومات لوصلات أجزاء المنشأ



الشكل 8.7 : يبين رسماً تنفيذياً لمواقع و المسافات بين الأعمدة الفولاذية لمنشأة معدنية.

إنشاءات معدنية

أعمال تجهيز العناصر الإنشائية الفولاذية

الوحدة التاسعة : أعمال تجهيز العناصر الإنشائية الفولاذية

الجدارة : التعرف من خلال هذه الوحدة على طرق القطع والتشكيل ،و طرق عمل الثقوب،و تجميع الأعضاء،و تجهيز السطح الخارجي ،و جودة التنفيذ.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على طرق القطع و التشكيل.
- تتعرف على طرق عمل الثقوب.
- تجميع الأعضاء.
- تجهز السطح الخارجي.
- تتعرف على جودة التنفيذ.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٤ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

أعمال تجهيز العناصر الإنشائية الفولاذية

١. طرق القطع و التشكيل :

هناك طرق عديدة للقطع و التشكيل للفولاذ نذكر منها ما يلي:

أ- **التشكيل بالصب**: ونعني بذلك السباكة للحصول على الأجزاء ويتم ذلك عبر صهر المعدن وصبه في قالب التشكيل إنها طريقة تكنلوجية سهلة للحصول على أجزاء ذات أشكال هندسية معقدة.

ب- **التشكيل بالطرق والكبس**: الطرق هو عملية تغيير شكل المعدن المسخن بالطرق بواسطة المطرقة أو بالمكبس حيث يتكثف المعدن أثناء عملية طرقه وترتفع خواصه الميكانيكية ويمكن ان يكون الطرق حراً أو في قوالب كبس خاصة تسمى القوالب. ففي الطرق الحر (الحدادة) يشكل المعدن المشغل بين سطحين مستويين ويمكن للمعدن أن ينساب بينهما باتجاه السطحين.

ج- **التشكيل بالقطع**: التشكيل بالقطع هو الحصول على أشكال هندسية مطلوبة. وهناك طرق عديدة للقطع كالمبارد والقطع بالمنشار والقطع بالأدوات المعروفة مثل التثقيب والخراطة والتفزيز وعمليات التجليخ....إلخ، وهذه طرق تتسبب في إزالة جزء من الفولاذ المنتج أو الخام. إن جميع هذه الطرق لقطع الفولاذ تسمى بالطرق التقليدية لأنها تستخدم الهندسة الميكانيكية بشكل كبير في عملية القطع. وبعد التطور في مجال الكهرباء والإلكترونيك، ظهرت طرق جديدة لقطع الفولاذ ومنها :

ماكينة التفريغ الكهربائي: مبدأ عمل هذه الطريقة في القطع والتي تعتمد على توليد شرارة كهربائية في منطقة قطع تكون كافية لإزالة جزء من الفولاذ بسبب الحرارة العالة التي تكفي لصهر أو تبخر منطقة صغيرة جدا أي إنها إزالة جزء صغير من منطقة القطع، وهذه الطريقة تستخدم بشكل كبير في صناعة القوالب وقطع المواد الصلبة جدا.

- **ماكينة القطع بالليزر**: القطع بالليزر يتمثل في تصليط حزمة من أشعة ليزر تسلط على سطح القالب مسببة رفع درجة الحرارة لدرجات عالة جدا مسببة تبخر أو انصهار منطقة القطع،

ويمكن توجيه هذه الأشعة بواسطة عدسات ضوئية وتركيزها على منطقة صغيرة جدا ،و يمكن قطع أي معدن كان إلا إنها ذات تكاليف عالة لعملية القطع.

- **الاحتياطات اللازمة لأعمال القطع و التشكيل :**

يجب أن تكون طبقاً للائحة شروط السلامة في عمليات القطع و التشكيل وعلى الأخص ما يلي :

- توفير التهوية الكافية في مكان أعمال القطع و التشكيل.
- يجب ضمان جودة المواد العازلة للأسلاك والمعدات.
- استعمال جميع الملابس الواقية للرأس والجسم والأطراف .
- حظر القيام بهذه الأعمال قرب المواد سريعة الاشتعال .
- تخزين أسطوانات الغاز في مكان آمن.
- أن يقوم بأعمال القطع و التشكيل فني أو فنيون متخصصون.

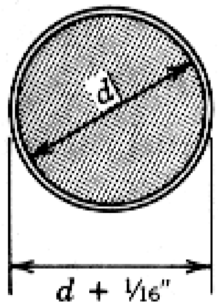
2. طرق عمل الثقوب :

تعيين مقاس،و نوع،و ترتيب ثقوب (فتحات) الألواح (او الأضلاع) المراد ربطها يعتبر جزءاً هاماً في عملية تصميم الوصلات. وعموما يتم عمل الثقوب بإحدى الطريقتين :

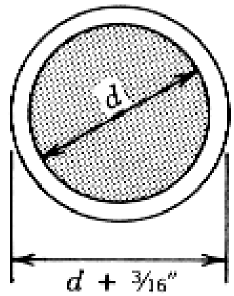
- **بالخرق المباشر** : وتستعمل للأعمال البسيطة وهي رخيصة التكاليف نسبيا وللحصول على فتحة أسطوانية فإنه يلزم خرق كل عضو على حدة ثم يتم تنعيم الفتحة كلها بواسطة آلة تنعيم مناسبة .
- **بالتثقيب** : ويتم ذلك بآلة التثقيب وتنتج فتحة أسطوانية ولكنها عالة التكاليف نسبيا.

و هناك عدة أنواع من الثقوب نبين بعضاً منها حسب المواصفات الأمريكية AISC.

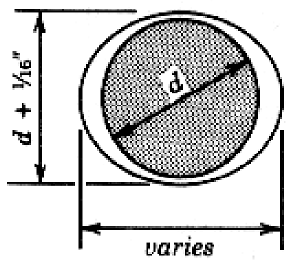
أ – الثقب القياسي Standard Hole و يرمز له بالرمز (STD)



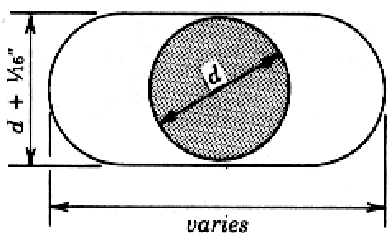
ب – الثقب الأكبر من المعتاد Oversized Hole و يرمز له بالرمز (OVS)



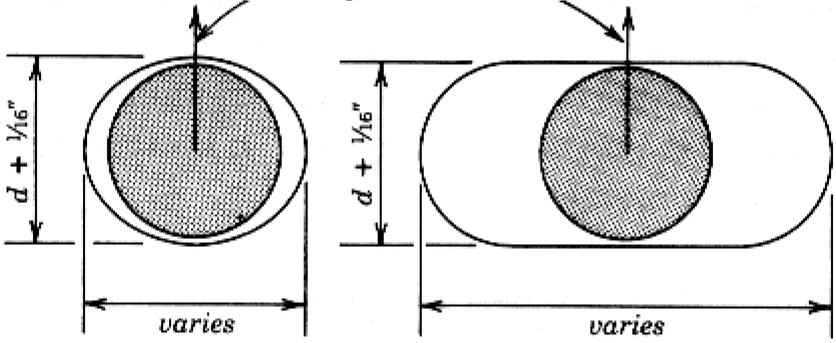
جـ - الثقب قصير الشقب Short Slotted Hole و يرمز له بالرمز (SSL)



د – الثقب طويل الشقب Long Slotted Hole ويرمز له بالرمز (LSL)



هـ - الثقب قصير أو طويل الشقب عمودي على اتجاه الحمل و يرمز له بالرمز (NSL)
Short or Long Slotted Hole Normal to Load Direction



ويفضل أن تعمل الثقوب بالمثقاب و بكامل السمك، أما الثقوب بالألواح و القطاعات التي لا يزيد سمكها على ١٥ مم فيجوز أن تعمل بالخرامة : أولا بقطر أقل ثم بالمثقاب. أما الثقوب في ألواح الأرضيات و ألواح الحشو و ألواح الرباط و شرائط التقوية التي لا يتجاوز سمكها ١٢ مم فيمكن أن تعمل بالخرامة و بالقطر المطلوب إذا وافقت الجهة المشرفة على ذلك.

٣. تجميع الأعضاء :

فيما يخص التصنيع (تصنيع وتجميع بالورشة) يمكن حصرها في النقاط التالية :

- يجب ألا يبدأ العمل في تصنيع الصلب الإنشائي إلا بعد أن يتم إعداد ومراجعة واعتماد المستندات الفنية التي على أساسها سيتم إنتاج أعضاء الصلب.
- يجب أن يتم تصنيع الصلب الإنشائي فقط في ورشة معتمدة من المهندس.
- تتم عملية التصنيع والتجميع بالورشة كلما أمكن ذلك.
- تزال العيوب الظاهرة على السطح مثل النقر بالتسوية أو الصنفرة أو التجليخ أو بالتعبئة.
- التدابير الضرورية لتصحيح العيوب يجب أن تكون بموافقة المهندس، أو يتم استبدال الجزء المعيوب.
- يجب تسجيل التدابير التي اتخذت في المستندات الفنية للمشروع.
- يجب اختيار أجزاء صلب صحيحة ومستقيمة للتصنيع.
- تقطع قطاعات التقوية للأعمدة والجسور (الكمرات) بالمقاسات المضبوطة لتكفل التحميل الكامل للقطاع .

- يتم إعداد الأوجه المتلاصقة لأعضاء الصلب بالطريقة التي تعطي تلاصقاً تاماً بعد تجميعها.
- تكون أوجه الوصلات المربوطة بالبرشمة أو اللحام أو مسامير الربط عالة المقاومة مطابقة لمتطلبات النظافة لجميع أوجه الوصلات في الوصلات ذات النوع الاحتكاكي.
- يجب أن تكون الأجزاء التي تم إعدادها خالية من الالتواءات والثنيات والاعوجاج والعيوب الأخرى.
- يجب أن تعلم المواد بطريقة صحيحة بحيث يكون هناك توافق في العلامات عندما يتطلب الأمر تجميعها في الموقع.
- تصنع المواد وتورد تباعاً للموقع بشكل يمكن من الإسراع في إنجاز عمليات التركيب ويخفض من مناولة المواد بالموقع إلى الحد الأدنى.
- يتم التصنيع حسبما هو موضح في المخططات التنفيذية المعتمدة.

4. تجهيز السطح الخارجي:

يتآكل سطح المعادن الموجودة في حالة تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط الخارجي، و يسمى هذا التآكل بالصدأ. و يسبب الصدأ خسائر جسيمة تقدر بالمليارات سنويا، إذ يدمر كمية ضخمة من المنشآت المعدنية. ولمقاومة الصدأ يجب معرفة أسبابه و الوسائل المجدية لمقاومته. وهناك نوعان من الصدأ: الصدأ الكيميائي و الكهروكيميائي.

- طرق حماية المعادن من الصدأ:

تستعمل في الصناعة طرق مختلفة لحماية المصنوعات و المنشآت المعدنية مثل الجسور و ناطحات الساحب و غيرها، من الصدأ حسب اسباب حدوث الصدأ و ظروفه. و يمكن تقسيم كل طرق مقاومة الصدأ إلى المجموعات التالية:

- و قاية المعادن من الصدأ بإضافة عناصر سبيكية:

و تتلخص في بإضافة عناصر إلى السبيكة مثل الكروم و النيكل إلى الفولاذ لتشكيل الستانلس إستيل stainless steel و تمنع هذه العناصر الصدأ أو تقلله.

- الأغلفة الإوكسيدية:

و يحصل عليها على سطح الأجزاء المعدنية بالأكسدة أو الفسفتة ،و تقي المعدن من الصدأ بشكل جيد.

- الوقاية بمعاملة الوسط الخارجي :

و تتلخص هذه الوقاية إما في إزالة المركبات الضارة التي تسبب الصدأ. أو أن يضاف إلى الماء عامل يقلل من فعالته و هو الكروميك(بايكرومات البوتاسيوم نسبته 0.5%) وتستعمل هذه الطريقة في نظام التبريد بمحركات الاحتراق الداخلي و يمنع هذا حدوث الصدأ عمليا.

- الوقاية بالطلاء بالمعادن:

و تستعمل على نطاق واسع في الصناعة و يجب أن نميز بين نوعين من أنواع الوقاية (المهبطية و المصعدية) فعند الوقاية المهبطية : يكون جهد معدن التغطية أعلى من جهد المعدن الأساسي . الوقاية المصعدية: و بها يكون جهد معدن التغطية أقل من جهد المعدن الأساسي . ومن التغطيات المهبطية للحديد و الصلب القصدير و الرصاص و النحاس و النيكل، و من التغطيات المصعدية الزنك والألمنيوم و الكالسيوم و البوتاسيوم.

- التغطية بطريقة ضغط طبقة واقية:

و تتلخص في إيجاد طبقة على المعدن من معدن آخر يكون غلافا متينا واقيا. و عادة يغطى الحديد بالنحاس غير القابل للصدأ.

- الوقاية بالتغطية غير المعدنية:

اي بطلاء سطح الجزء المعدني بالطلاء أو الدهانات البلاستيكية أو العضوية و تستعمل على نطاق واسع نظرا لكونها في متناول اليد و لبساطتها. و أكثر أنواع الطلاء انتشارا طلاء الزيت و الميناء و الكلاكيه. و عيوب التغطية بالطلاء هو تشقق طبقة الطلاء و تمريرها للرطوبة.

- الوقاية الكهربائية:

و تستعمل في نطاق واسع لحماية الخزانات و الأنابيب(أنابيب النفط أو الغاز) و الجسور الحديدية .

و تتلخص الوقاية الكهربائية في أن الجزء الذي يراد وقايته يوصل إلى القطب السالب – مهبط – بشبكه بتيار مستمر يغذى من مولد أو بطارية و توصل بالمصعد صفيحة حديدة أو قطع رصاص تستهلك من وقت لآخر.

5. جودة التنفيذ:

تتضمن أعمال جودة التنفيذ أهم النقاط التالية:

- عند استخدام مسامير الربط عالة المقاومة أو مسامير التحميل عالة المقاومة، فإنه يجب تطبيق المواصفات الملائمة.
- تكون أعمال التركيب معرضة للفحص من قبل المهندس في أي وقت.
- يجب ألا يتم قطع أي عضو فولاذي لغرض عبور مجار أو مواسير أو ما شابهها إلا إذا كانت محددة على مخططات التركيب.
- توضع مسامير التثبيت الخطافية وغيرها من أدوات الربط بين منشآت الصلب والأساسات في المكان المناسب وتكون مبيتة في منشأ الربط.
- لا يسمح بتوسعة فتحات غير مضبوطة باستخدام اللهب أو باستخدام مسامير مدببة.
- تتم توسعة الفتحات التي يجب توسعتها بالطريقة الصحيحة للسماح بدخول المسامير الملولبة فيها.
- يجب إزالة دهان الورشة من الأسطح المجاورة للفواصل التي سيتم لحامها في الموقع وذلك باستخدام فرشة سلك قبل بدء اللحام.
- يكون المقاول مسؤولاً عن التركيب والتصفيف والمناسيب النهائية الصحيحة للأجزاء الإنشائية كما يكون مسؤولاً أيضاً عن أية أعمال ضبط ضرورية لأعمال الصلب وذلك في حالة حدوث اختلاف في المناسيب والتصفيف.
- يتم ضبط التسوية الأفقية والرأسية على أساس متوسط درجة حرارة التشغيل للمنشأ.
- تتم أعمال التسوية الأفقية والرأسية للمنشأ بالدقة المحددة بالقيم الواردة بالمواصفات ذات العلاقة واشتراطات التصميم.
- يجب ألا تختلف خطوط المحاور الفعليه للأعضاء عن خطوط المحاور النظرية بأكثر من القيم المسموح بها.
- لا يبدأ وضع الروافد الصلب إلا بعد تركيب هياكل التحميل في مكانها وتثبيتها تماماً وتأمينها.
- يتم تركيب وحدات تغطية السطح طبقاً لتوصيات الشركة الصانعة ومخططات التركيب.
- بعد التركيب فوراً، يتم تنظيف لحامات الموقع والوصلات ذات المسامير الملولبة كما يتم تنظيف المسطحات التي تم دهانها بالورشة.

- يتم وضع لمسة من الدهان على رؤوس مسامير الربط وصواميلها واللحامات والأجزاء المتآكلة وما شابه ذلك و أي جزء من أجزاء الصلب التي لسبب ما لم يتم دهانها ، وتكون مواد الدهان التمهيدي نفس مواد الدهان المستعمل في الورشة.
- يتبع ذلك طلاء طبقتين من الدهان باللون المطلوب المعتمد من قبل المهندس.
- تكون أنظمة الدهان الواقية من الصدأ حسب ما هو موضح بمستندات التصميم.
- تكون الوقاية من الحريق حسب ما هو موضح بمستندات التصميم .
- يقوم المقاول، فور اكتمال التركيب، بإجراء مسح دقيق لتحديد المواقع الفعليه لأعضاء الصلب على مستوى كل طابق وعند اكتمال المنشأ بأكمله، ويقدم هذا المسح في الحال للمهندس.
- عند حدوث تفاوتات أكبر من القدر المسموح به ، يجب القيام بالإجراءات الضرورية لتعديل التفاصيل و/او الإجراءات كما يطلبها المهندس.
- يجب على المقاول حماية المشاة، والمركبات وأية حركة مرور أخرى إن كانت فوق أو أسفل المنشآت، وأيضا حماية المنشأ الفوقي والأساسات من التلف أو التشوهات الناتجة عن الرش والطرطشة وبقع الدهان أو مواد الدهان.
- اختبارات القطاعات والوصلات واللحامات باستخدام الأشعة السينية والموجات فوق الصوتية.
- اختبارات الشروخ السطحية باستخدام الصبغة والفيض المغناطيسي.
- اختبارات الوصلات وقياس عزوم ربط المسامير.
- رصد وقياس اهتزازات المنشآت وتقييمها.
- الرصد الإنشائي للعيوب والانبعاج.

إنشاءات معدنية

أعمال تشييد المنشآت الفولاذية

الوحدة العاشرة: أعمال تشييد المنشآت الفولاذية

الجدارة : التعرف من خلال هذه الوحدة على خطوات التنفيذ بالموقع و تفاصيل العمل، الرافعات المستخدمة، التجميع في الموقع واستخدام الأجزاء المجمعة مسبقا،و الضبط الأفقي و الرأسي والمناسيب،و أعمال مقاومة الحريق،و جودة التنفيذ و استلام الأعمال،و سلامة فريق العمل.

الأهداف :

عندما تكتمل دارسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- تتعرف على خطوات التنفيذ بالموقع و تفاصيل العمل.
- تتعرف على الرافعات المستخدمة.
- تتعرف على التجميع في الموقع واستخدام الأجزاء المجمعة مسبقا.
- تتعرف على الضبط الأفقي و الرأسي والمناسيب.
- تتعرف على أعمال مقاومة الحريق.
- تتعرف على جودة التنفيذ و استلام الأعمال.
- تتعرف سبل المحافظة على سلامة فريق العمل.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة **100**٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٤ ساعات .

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

أعمال تشييد المنشآت الفولاذية

1. خطوات التنفيذ بالموقع و تفاصيل العمل:

- تبدأ عملية تنفيذ المنشآت المعدنية بعد توقيع وتحرير عقد المقاول الذي يتولى مهمة الإنشاء وتنفيذ بنود الأعمال.
- المرحلة التحضيرية: وتشمل تسليم الموقع للمقاول واستكشاف التربة وتطهير المكان والتشوين ووضع الجدول الزمني العام والتفصيلي وعمل الميزانية الشبكية للموقع وتحديد المداخل والمخارج
- المرحلة الإنشائية: وتشمل أعمال تخطيط الموقع والحفر والردم والإحلال ونقل الأتربة وصب الخرسانات العادية.
- طريقة عمل الخنزيرة
- أعمال الحفر للأساسات.
- أعمال الأساسات : الأساس يعتمد على كمرات من الصلب لتوزيع الجهود والأحمال ونقلها إلى الأرض وقد تغلف بالخرسانة العادية لعزلها عن الرطوبة والجو وحمايتها من الصدأ والتفكك.
- أعمال الردم
- تركيب الأعمدة الفولاذية.
- تركيب الكمرات الفولاذية و الدعامات حسب المخططات.
- تركيب جمالونات الأسقف.
- ربط كل العناصر بالمسامير و اللحام.
- تركيب ألواح التغطية.
- القيام بأعمال الكهرباء و الأعمال الصحية.

بعض الملحوظات فيما يخص خطوات التنفيذ و تتمثل فيما يلي :

- يجب تحديد الموقع والمحاذاة والمسقط الأفقي والمنسوب الرأسي لكل منشأ من واقع المخططات التنفيذية.
- يتحمل المقاول المسؤولية كاملة عن المحاذاة والمسقط الأفقي والأبعاد لكل عضو إنشائي وجميع أجزاء العمل بصفة عامة.

- على المقاول أن يعتني عناية فائقة في الحفاظ على مستوى التخطيط والنقاط الثابتة المرجعية التي يضعها لاستخداماته أو تلك التي تخص المهندس، وإذا حدث لتلك الثوابت أي أذى، أو فقدت أو أزيلت بسبب العمليات التي يقوم بها المقاول، فعليه أن يعيد وضعها في أماكنها على نفقته الخاصة.
- يقوم المقاول بوضع علامات المنسوب الدائمة ويتأكد من جميع مناسيب الخرسانة التي يقام عليها الصلب الإنشائي كما يقوم بتحديد أماكن مسامير الربط الخطافية **anchor bolts** ويخطر المهندس عن أية اختلافات قبل البدء بالعمل.
- يجب على المقاول تأمين نماذج المعايرة وأدلة التشغيل والأجهزة الأخرى التي تؤكد دقة العمل.
- يقوم المقاول بتركيب وضبط وبرشمة ولحام الربط بالمسامير للمنشأ بالكامل في المكان المطلوب حسب الخطوط والمستويات المحددة وبطريقة تحقق السرعة والأصول الفنية للصناعة.
- يجب ألا يتم قطع أي عضو فولاذي لغرض عبور مجار أو مواسير أو ما شابهها إلا إذا كانت محددة على مخططات التركيب.
- تكون أعمال التركيب معرضة للفحص من قبل المهندس في أي وقت.
- عند استخدام مسامير الربط عالة المقاومة أو مسامير التحميل عالة المقاومة، فإنه يجب تطبيق المواصفات الملائمة.
- يجب عرض طريقة التركيب ورسومات الأعمال المؤقتة ومعدات التركيب على المهندس للاعتماد، ولا يعفي هذا القبول المقاول من أي من مسؤولياته. ويجب تصميم الأعمال المؤقتة بطريقة صحيحة ويتم تشييدها أساساً لتحمل الأحمال التي ستطبق عليها.
- للمهندس الحرية الكاملة في جميع الاوقات المعقولة في الدخول لمواقع المقاول لغرض التفتيش على العمل.
- أثناء تقدم سير العمل، يجب أن يكون لدى المقاول مشرفون أكفاء أو مراقبون لديهم القدرة على تحمل أعباء العمل بصفة شخصية، وتعتبر التعليمات التي توجه للمشرف أو المراقب كأنها موجهة للمقاول نفسه. ويجب أن يقوم بتنفيذ أعمال التركيب عمال ذوو خبرة ومهارة.

إذا تضمن التعاقد تركيب الأعمال في الموقع و جب على المقاول إقامة المنشأ المعدني كاملا و ضبطه و لحامه و ربطه بمسامير القلاووظ و ذلك في الموقع المطلوب مطابقا للخطوط و المناسيب المحدودة بحيث يكون مطابقا للرسومات و الاشتراطات و لأصول الصناعة. كما يجب على المقاول أن يورد العمالة و المواد

و أدوات و مهمات التركيب من سقائل و دمسات و وصلات النقل و الرفع و أن يجهز الموقع بالمخازن اللازمة.

و يجب على المقاول أن يتحقق من صحة مواقع ألواح التحميل و جاويطات التثبيت. ويقوم المهندس المشرف بتحديد الموقع العام لكل منشأ و تخطيطه و تحديد مناسيبه، إلا أن المقاول يكون مسؤولا مسؤولية كاملة عن تخطيط الأعمال و مناسيبها و مقاساتها جزئيا و كليا و عن ترابطها ببعضها. و يقدم المهندس المشرف للمقاول المحاور و الروبيرات المساحية و غيرها من النقط التي تكفل التوقيع السليم للأعمال.

2. الرافعات المستخدمة:

الاوناش تعتبر من الرافعات المستخدمة في المصانع و الورش لنقل الأحمال من مكان لآخر داخل (المصنع أو الورشة) وذلك لتسهيل خط سير الصناعة. و قد يكون النقل في اتجاه واحد أو في الاتجاهين حسب الغرض من النقل .

شروط السلامة المتعلقة باستخدام الروافع وملحقاتها:

- يجب أن تكون مجهزة بوسائل الأمان، وان تكون مزودة بتعليمات الشركة الصانعة للرافعة من حيث التشغيل أو الصيانة أو التصرف في حالة حدوث أعطال.
- يجب حماية جميع الأجزاء المتحركة الخطرة.
- لا يُسمح بتشغيل آلة السحب أو الرفع إلا من نقطة واحدة، ويجب أن تكون الرؤية واضحة أمام السائق في المسار كله وإلاّ توجب تعيين مساعد له لتوجيهه .
- يجب ذكر الحمولة المأمونة المصرح بها على القفص والالتزام بوزن هذه الحمولة .
- يُحظر استخدام قفص الرافعة لحمل الأشخاص إلا إذا كانت آلة الرفع أو السحب مخصصة لذلك.
- عند استخدام الشاحنات أو عربات اليد المحملة يجب تثبيت إطاراتها (كفراتها) دون تحركها، ويجب تثبيت الحمل بحيث لا يسمح بتساقط أجزاء منه .
- يجب أن يكون جميع القائمين بتشغيل معدات السحب والرفع من الأشخاص المؤهلين لهذه الأعمال، وأن يستوفوا شروط التعيين والاختبار التي تحددها الجهة المعنية.

3. التجميع في الموقع واستخدام الأجزاء المجمعة مسبقا :

خلال مرحلة التجميع في الموقع، تجمع الأجزاء بدقة حسب ما هو موضح بالرسومات و يجب أن تتقابل علامات التطابق. و يجب العناية عند مناولة الأجزاء حتى لا يحدث بها انثناء أو كسر أو تلف ما. ولا يسمح بطرق الأجزاء بطريقة تتسبب في تلفها أو تشويهها. و يجب تنظيف أسطح التحميل و أسطح الأجزاء التي ستتلاصق نهائيا و ذلك قبل تجميع الأجزاء مباشرة. و تركب الفتحات الشبكية التي لا تركب بطريقة الكابول على دمسات مجهزة بحيث تحقق التحدب المقرر للجمالونات. و تبقى الدمسة حتى تتم برشمة جميع لآمات وتر الشد و حتى يتم تركيب جميع الوصلات الأخرى بسنابك أو بمسامير قلااووظ.

ويتم بدقة وضع الهياكل الإنشائية في الصفوف والارتفاعات المبينة بمخططات التركيب. وتصف وتضبط الأعضاء المختلفة التي تشكل جزءاً من المنشأ الكامل قبل التثبيت الدائم. ويجب القيام بأعمال الضبط الضرورية لتعديل أي خلل في المناسيب والمحاذاة. ويجب تنظيف الأسطح التي ستكون متلامسة بشكل دائم قبل التجميع. ويمكن استخدام مسامير الوصل فقط لتجميع عدة أجزاء ببعضها ولا تستخدم بطريقة ينتج عنها تلف أو تشويه للمواد أو تسبب اتساع الثقوب في المادة الأساسية.

ويتم التركيب طبقا للقواعد المذكورة في المواصفات ذات العلاقة واشتراطات التصميم.

4. الضبط الأفقي و الرأسي و المناسيب

يجب أن توضح المخططات التصميم الكامل والمقاسات والقطاعات والمواقع النسبية للأعضاء الإنشائية المتنوعة مع تحديد مناسيب الأرض ومحاور الأعمدة. وتكون الرسومات بمقاس رسم كاف لكي تعطي المعلومات بوضوح.

5. أعمال مقاومة الحريق :

تتم الوقاية من الحريق للأعضاء الإنشائية أينما يذكر ذلك في مستندات التصميم، و يكون معدل مقاومة الحريق كما هو مذكور في مستندات التصميم، وتتم أعمال الوقاية من الحريق طبقاً للمواصفات القياسية ذات العلاقة.

ونظرا لأن المنشآت الحديدية لا تقاوم الحريق مثل المباني الخرسانية لذلك و جب حمايتها ضد الحريق عند البناء بها. و توجد عدة طرق لعمل ذلك منها :

- عمل غطاء خرساني مقاوم للحريق حول الأعمدة الحديدية.
- وضع بياض مقاوم للحريق حول القطاعات الحديدية.
- وضع بياض جبسي بالفيرميكوليت على شبك معدني ممدد.

- رش الأسبستوس لمقاومة الحديد للحريق.

لذلك نقوم برش جميع الجسور والعمدان الأساسية بمواد مؤجلة للحريق وهي نوع من أنواع foam ونقصد بها الرغوة فهي تعمل على تأخير تأثير الحريق من ٣٠- ٤٠ دقيقة وهي كافية لوصول رجال الإطفاء.

وهناك بعض الأعمال التي يجب استخدامها لمقاومة الحريق نذكر منها :

١- في حالة عدم إمكانية إبعاد الشيء المراد لحامه من مكان العمل ، يتم إبعاد جميع المواد القابلة للاشتعال لمسافة لا تقل عن ١١ مترا من مكان اللحام.

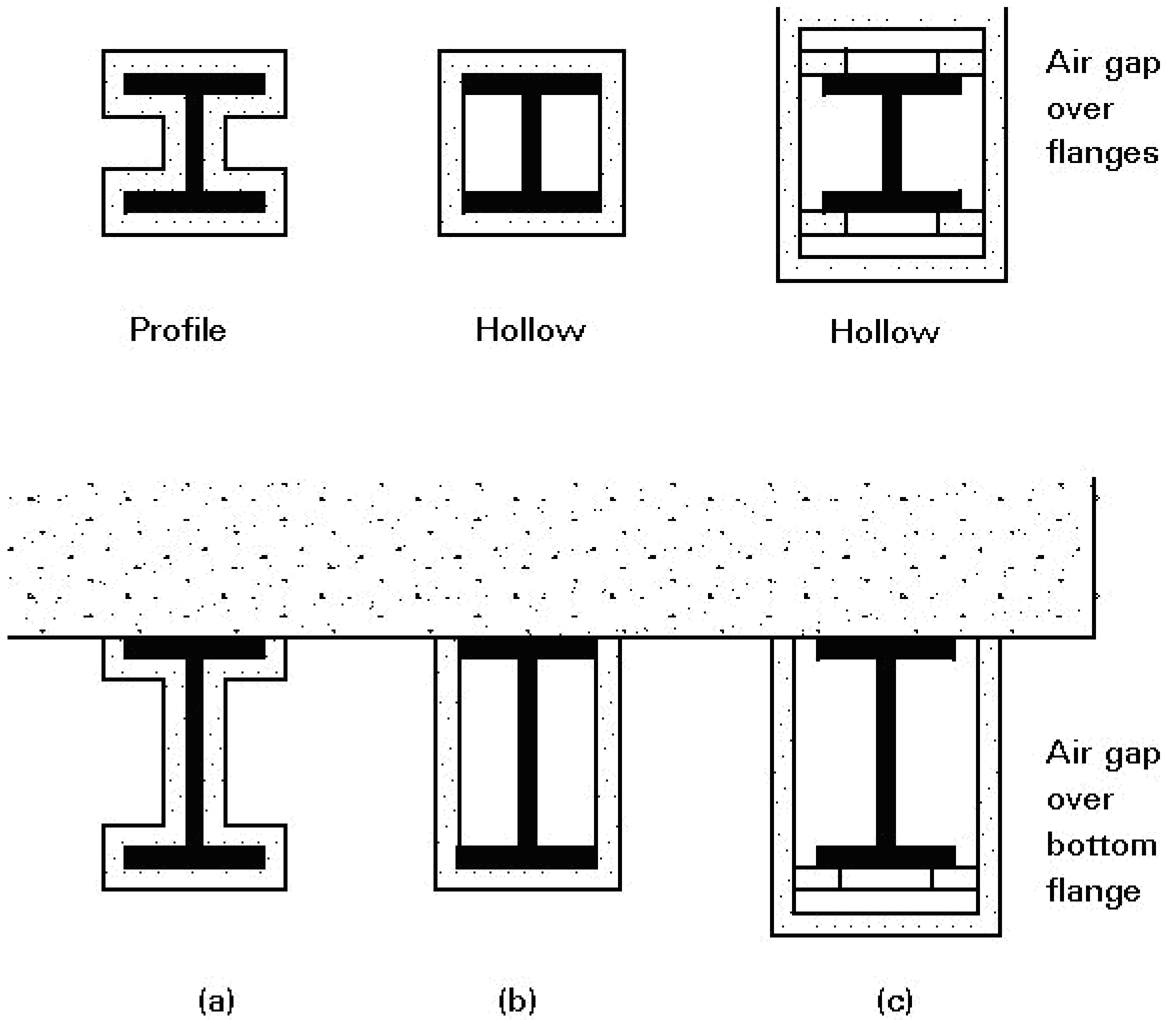
٢- توفير معدات مكافحة الحرائق المناسبة قرب مكان اللحام للاستخدام الفوري في حالة حدوث حرائق (طفايات الحريق أو مكرات الحريق ......إلخ).

٣- تعيين مراقب للحريق تكون مهامه الأساسية مراقبة الشرر المتطاير والناتج من عمليات اللحام في حدود مسافة ١١ مترا مع ضرورة عدم ترك مكان اللحام إلا بعد مرور نصف ساعة على الأقل من انتهائه.

٤- ضرورة التأكد من خلو مكان اللحام من المواد الملتهبة أو المواد السائلة القابلة للاشتعال وذلك بإجراء القياسات اللازمة بواسطة أجهزة قياس نسبة المواد المشتعلة بالجو.

٥- عدم السماح بإجراء أية أعمال لحام أو قطع في البراميل المستعملة إلا بعد إجراء عمليات التنظيف المناسبة والتأكد من خلوها من المواد القابلة للاشتعال.

و الشكل ١٠،١ التالي يبين بعض الطرق العملية لحماية القطاعات الفولاذية ضد الحريق:



(a) - Spray or intumescent
(b) - Board
(c) - Board

الشكل ١٠،١ : يبين بعض الطرق العملية لحماية القطاعات الفولاذية ضد الحريق.

6. جودة التنفيذ و استلام الأعمال

لضمان جودة التنفيذ يجب القيام بعدة إجراءات من بينها :

- إجراء المعاينة الظاهرية لجميع المواد والأدوات والأجهزة قبل استخدامها في المشروع، وإجراء الاختبارات الميدانية والمعملية على ما يلزم منها، ثم اعتمادها طبقاً للمواصفات وشروط العقد.

- إجراء ما يحتاجه لتأكيد الجودة النوعية للأعمال المنفذة حسب المواصفات من معاينات أو اختبارات وقت التنفيذ و رفض جميع الأعمال المنفذة المخالفة للمواصفات والشروط والتقرير عنها ومطالبة المقاول بإصلاحها .

- تدوين نتائج المشاهدات والفحوص والاختبارات بسجل منظم يسهل الرجوع إلى مفرداته ، وأن يشتمل التقرير الشهري على بيان عن أعمال الفحوصات والاختبارات.

- **الاستلام الابتدائي للمشروع :**

يتم الاستلام الابتدائي للمشروع حينما تكتمل جميع الأعمال دون نواقص ، وهو يعني الاستلام الاولي للأعمال كافة حسب ما جاء بعقد المشروع وبعد انتهاء المدة المقررة لتنفيذه (المدة الأصلية + المدة الإضافية المعتمدة) ويمكن استلامه قبل ذلك إذا أنهى المقاول المشروع قبل انتهاء مدة التنفيذ بناءً على خطاب يوجهه إلى صاحب العمل بهذا الخصوص وذلك وفق الإجراءات التالية:

- يقدم المقاول خطاباً للجهة صاحبة المشروع يشعرها فيه أنه أنهى جميع الأعمال على الوجه المطلوب وطبقاً لمستندات العقد ، وأنه جاهز لتسليم المشروع ابتدائياً .

- يتم تشكيل لجنة الاستلام الابتدائي من قبل صاحب العمل يكون المهندس أحد أعضائها ، ويحدد تاريخ وقوف اللجنة على الطبيعة.

- يتم إشعار المقاول بموعد وقوف اللجنة على الطبيعة وذلك بناءً على :

أ– طلب المقاول .

ب– تقرير المهندس طبقاً لمعاينة الأعمال المعد قبل نهاية العقد بأسبوعين .

- تقوم لجنة الاستلام بالاطلاع على وثائق ومستندات العقد و محاضر الاجتماعات وتقارير الاختبار والأداء ،و التعديلات ،و المدد الإضافية ،و محضر المعاينة ،و أية وثائق أخرى مهمة للاستلام مثل الملحوظات التي جرى إبداؤها أثناء التنفيذ ومدى تلافيها .

- تقوم اللجنة المذكورة بمعاينة الأعمال على الموقع وإجراء الاختبارات الضرورية اللازمة لعملية الاستلام وكل ما تراه اللجنة ضرورياً لاستلام جميع الأعمال مثل التحقق من المناسيب والأبعاد الداخلية والخارجية للمبنى والميول الطولية والعرضية ....إلخ.

- تقوم اللجنة بعد ذلك بتعبئة نموذج محضر الاستلام الابتدائي ، وتختار إحدى الحالات التالية طبقاً لما استقر عليه الرأي بناء على المعاينة والاختبارات التي أجرتها لاستلام المشروع وهي :

أ – إن جميع الأعمال قد تم تنفيذها بالكامل طبقاً للمخططات والمواصفات والشروط والأصول الفنية، وعلى ذلك توصي اللجنة باستلام المشروع استلاماً ابتدائيا.

ب – أن جميع الأعمال قد تم تنفيذها طبقاً للمخططات والمواصفات والشروط فيما عدا بعض الملحوظات البسيطة على بعض الإعمال التي يمكن قبولها فنياً مع إجراء حسم مناسب عليها ، أو مع وجود نواقص لم يتم تنفيذها ولا تمنع من الاستفادة من المشروع ولا تؤثر على سلامة المشروع . ويمكن الاستغناء عنها وقيمتها لا تزيد عن ٢٠٪ من إجمالي قيمة العقد ، وعلى ذلك توصي اللجنة باستلام المشروع ابتدائياً على أن يتم الحسم مقابل الملحوظات و النواقص من المستخلص الختامي .

ج – إن كثيراً من الأعمال التي تم تنفيذها عليها ملحوظات كثيرة ، أو أن هناك أعمالاً ناقصة بالمشروع لا يستغنى عنها ،و أن المشروع بحالته الراهنة لا يمكن استلامه ابتدائياً لكثرة الملحوظات والنواقص ، وفي هذه الحالة يعتبر هذا المحضر محضراً للمعاينة .

- يتم تحرير محضر الاستلام الابتدائي ويوقع من كافة أعضاء اللجنة ويعطى المقاول صورة منه ، ويلاحظ أنه بمجرد إجراء الاستلام الابتدائي واعتماده من صاحب العمل فإن المقاول يعتبر قد وفى بالتزاماته حسب العقد المبرم ، وأنه يستحق دفع كافة مستحقاته عدا ما يحجز منها حتى إكمال الملحوظات أو ما يحسم نتيجة النواقص وسوء التنفيذ.

- يجوز استلام المشروع ابتدائياً بنواقص لا تمنع الاستفادة منه إذا كانت غير جوهرية وضئيلة القيمة وإذا اقتضت المصلحة ذلك.

- يتبقى على المقاول بعد إجراء الاستلام الابتدائي مسؤولية صيانة المشروع وإصلاح ما يظهر خلال سنة الضمان الاولى حتى يتم الاستلام النهائي للمشروع ، كما أنه سيظل مسؤولاً عما قد يظهر من عيوب مستترة لمدة عشر سنوات من تاريخ الاستلام النهائي .

الاستلام النهائي للمشروع :

قبول العمل بصورة نهائية من قبل صاحب العمل طبقاً لوثائق العقد بموجب محضر موقع عليه من لجنة عن صاحب العمل ومندوب عن المقاول ، ويعتمد المحضر من صاحب العمل. ويضمن المقاول ما يحدث من تهدم كلي أو جزئي لما أنشأه خلال عشر سنوات من تاريخ تسليمه نهائياً للجهة الإدارية متى كان ذلك ناشئاً عن عيب في التنفيذ ما لم يكن المتعاقدان قد اتفقا على بقاء المنشآت لمدة أقل من عشر سنوات، وفيما يلي الخطوات الإجرائية للاستلام النهائي :

- يقدم المقاول خطاباً لصاحب العمل يشعره فيه أنه جاهز لتسليم المشروع نهائياً ، ويفضل أن يكون ذلك قبل شهر من الوقت المتوقع لتسليم المشروع نهائياً.
- يتم تشكيل لجنة الاستلام النهائي من قبل صاحب العمل ، ويكون المهندس أحد أعضائها ، ويحدد تاريخ وقوف اللجنة على موقع المشروع.
- يتم إخطار المقاول رسمياً بموعد وقوف اللجنة على موقع المشروع .
- تقوم لجنة الاستلام بالاطلاع على وثائق المشروع ومحضر الاستلام الابتدائي وما ورد من ملحوظات في محضر الاستلام الابتدائي .
- تقوم اللجنة المذكورة بالمرور على المشروع ومعاينة الأعمال على الطبيعة ، وملاحظة العيوب التي ظهرت أثناء مدة الضمان وغير الناتجة من سوء الاستعمال.
- تقوم اللجنة بعد ذلك بتعبئة نموذج محضر الاستلام النهائي ، وتختار إحدى الحالات التالية طبقاً لما استقر عليه الرأي بناءً على المعاينة :

أ- أن تكون جميع الأعمال المنفذة مطابقة للمخططات والشروط والمواصفات ، ولم يظهر بالمشروع أية عيوب أو نواقص،و يستثنى من ذلك العيوب الناشئة من سوء الاستعمال ، وعلى ذلك توصي اللجنة باستلام المشروع استلاماً نهائياً .

ب- أن تكون قد ظهرت بالمشروع بعض العيوب أو الملحوظات خلال مدة الضمان ليست ناتجة من سوء الاستعمال والتي توضحها اللجنة بقائمة الملحوظات المرفقة بالمحضر ، والتي لا يمكن معها استلام المشروع استلاماً نهائياً ، وفي هذه الحالة توصي اللجنة باعتبار هذا المحضر محضراً للمعاينة ،و على المقاول إشعار صاحب العمل خطياً بموعد الانتهاء من استكماله لجميع الملحوظات المدونة بالمحضر حتى تقف اللجنة على المشروع من جديد لإجراء الاستلام النهائي .

جـ- يحرر محضر الاستلام النهائي ويوقع من كافة أعضاء اللجنة ويعطى المقاول صورة منه ، ويترتب على هذا المحضر تصفية جميع حقوق المقاول طبقاً للنظام.

د- يقوم المهندس بإرسال أصل محضر الاستلام النهائي للجهة المختصة لاستكمال مستندات الإفراج عن الضمان النهائي (ضمان حسن الأداء)طبقاً للنظام.

7. سلامة فريق العمل:

- احتياطات السلامة بموقع المشروع :

على المقاول أن يتخذ جميع الاحتياطات والإجراءات الوقائية والتدابير اللازمة للسلامة أثناء التنفيذ، كضمان سلامة المشاة والعاملين والاحتياطات المترتبة والمحافظة على سلامة المباني المجاورة والملاصقة للمشروع . وتسوير منطقة العمل بالكامل (إن لزم الأمر) وإنارتها ليلاً لحماية الأفراد والمعدات . وتأمين وحدة إسعاف أولية بالموقع و توفير القبعات والنظارات والأحذية وغيرها حسب طبيعة العمل للحفاظ على سلامة العاملين وجهاز الإشراف أثناء أدائهم لواجبهم .

وتأمين المشروع بالمعدات التي تتوفر فيها متطلبات السلامة و الحرص على نظافة الموقع باستمرار . وضرورة استخدام واقيات العين والوجه المناسبة (نظارات اللحام، حامي الوجه الخاص باللحام) مع استعمال الفلتر المناسب لنوع اللحام وحجم الإلكترود. استعمال القفازات المقاومة للحرارة ،و الأوفرهولات القطنية ذات الأكمام الطويلة وتكون بدون جيوب. وكذلك ضرورة عدم وجود تنية في البنطلون ويغطي الحذاء. واستعمال حذاء سلامة مناسب وأيضا يمكن استعمال مريلة من الجلد.

- **الاحتياطات اللازمة لأعمال اللحام والقطع**

يجب أن تكون طبقاً للائحة شروط السلامة في عمليات القطع واللحام وعلى الأخص ما يلي :
توفير التهوية الكافية في مكان أعمال اللحام أو القطع سواءً للعمال أو المعدات أو المواد المراد لحامها أو قطعها . ويجب ضمان جودة المواد العازلة للأسلاك والمعدات الإضافية وضمان سلامة جميع التوصيلات الكهربائية،و التأكد من وجود التوصيلات الأرضية . واستعمال جميع الملابس الواقية للرأس والجسم والأطراف . وحظر القيام بهذه الأعمال قرب المواد سريعة الاشتعال . وتخزين أسطوانات الغاز في مكان آمن جيد التهوية وبعيداً عن أي مصدر حراري على أن تكون الأسطوانات عمودية . وأن يقوم بأعمال اللحام أو القطع فني أو فنيون متخصصون.

- **شروط السلامة المتعلقة باستخدام الروافع وملحقاتها**

يجب أن تكون الروافع وملحقاتها مرخصاً باستخدامها ومن الأنواع المجهزة بوسائل الأمان. وتقضي قواعد السلامة بمراعاة ثبات واستقرار الرافعة أثناء تشغيلها ،و لذلك يجب تجنب تشغيلها فوق أرض رخوة أو غير مستوية، مع تثبيت الروافع بالركائز المخصصة لذلك بطرق محكمة تحول دون تحركها لأي سبب عارض. ولا يُسمح بتشغيل آلة السحب أو الرفع إلا من نقطة واحدة، ويجب أن تكون الرؤية واضحة أمام السائق في المسار كله وإلاّ توجب تعيين مساعد له لتوجيهه . ويجب أن تعمل كابح (فرامل) جهاز السحب والرفع أوتوماتيكياً عند توقفه عن العمل لأي سبب . ويجب ذكر الحمولة المأمونة المصرح بها على القفص والالتزام بوزن هذه الحمولة .
ويُحظر استخدام قفص الرافعة لحمل الأشخاص إلا إذا كانت آلة الرفع أو السحب مخصصة لذلك، وفي هذه الحالة يجب توفير الحماية الكافية للأشخاص بأن يكون القفص مجهزاً بأبواب ذات أقفال خاصة لا تُفتح إلاّ عند وقوف آلة السحب أو الرفع وتمنع تحرك القفص إذا كان الباب مفتوحاً، ويجب ذكر عدد الأشخاص المسموح بركوبهم في القفص ويحظر تجاوز هذا العدد

المصطلحات الفنية

المصطلح بالعربي	المصطلح بالإنجليزي	المعنى
إضافات	accessories	**منتجات بناء إضافية يتم تثبتيها بالأعضاء الإنشائية**
مسامير التثبيت الخطافية	**anchor bolts**	مسامير لنقل الإجهادات إلى منطقة أخرى
زاوية	**angle**	قطاع من الصلب مدلفن والمقطع على شكل حرف(L)
لوح قاعدة العمود	**base plat**	لوح يوضع فوق سطح الركيزة الإنشائية بغرض تثبيت عمود الصلب بها
مسافة بينية	**bay**	المسافة بين محاور الأعمدة (الركائز)
جسور (كمرات)	**beams**	العضو الإنشائي الذي يرتكز على ركيزتين أو أكثر
مسامير ربط	**bolts**	عضو للتثبيت يمكن فكه وربطه مرة أخرى
كتيفة (دعامة مائلة)	**brace**	تقوية قطرية
قضبان كتيفات	**brace rods**	قضبان نحيفة مركبة قطرياً وتتحمل أحمال شد فقط
لوح تجميع	**butt plate**	لوح لوصل عضوين إنشائيين معاً
قطاع مجري	**channel section**	قطاع من الصلب مدلفن والمقطع على شكل حرف(U)
شكل (C)	**"C" shape**	قضيب من الصلب على شكل حرف (c)
مشكل على البارد	**cold formed**	عضو من الصلب الإنشائي يتم إنتاجه من الصلب الملفوف
عمود	**column**	العضو الإنشائي الأساسي الذي يستخدم في وضع رأسي
جسر (كمرة) مستمر	**continuous beam**	جسر يرتكز على اكثر من ركيزتين
تفتيش مستمر	**continuous inspection**	فحص واختبار يتم بصورة منتظمة لخواص و/او أبعاد منتجات الصلب والتي يتم إنتاجها على مدى طويل وعادة بكميات كبيرة ودائما" مطابقة لنفس المواصفات
مسؤول تركيب	**erector**	الفني المسؤول عن تركيب منشآت الصلب
فاصل تمدد	**expansion joint**	فراغ بين جزأين متجاورين للسماح لهما بالحركة الحرة
مصنع	**fabricator**	الجهة المسؤولة عن تأمين الصلب الإنشائي المسبق الصنع
مبسطات (خوصة)	**flat**	قطاع من الصلب مدلفن والمقطع مستطيل وسماكته تزيد ١٠و٠ عن عرضه
موقع	**field**	موقع البناء
موالئ معدنية ومسحوق الصهر للحام المعادن	**filler metal and flux for welding**	موالئ معدنية، مثل معدن قضبان اللحام، محاطة بمواد معدنية أو مسحوق للصهر
ألواح أرضيات	**floor plate**	ألواح من الصلب مركبة في مستوي الأرضيات
جسر رئيس	**girders**	جسر (جائز) مجمع من أجزاء مختلفة
حزام للجدران (عارضة صغيرة)	**girt**	عضو إنشائي ثانوي يركب أفقياً لحمل الجدران
جسر (جائز) مجمع بشكل جمالون	**grillage beams**	جسر مجمع من أعضاء رأسية وأعضاء قطرية في وتيرة (عصب) الجسر
لوح ربط (تجميع)	**gusset plate**	لوح ذو جساءة لنقل الأحمال من الأعضاء الإنشائية المثبتة عليه

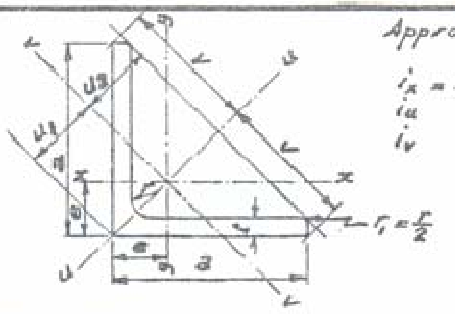
قطاع (H)	H-section	قطاع من الصلب المدلفن والمقطع على شكل حرف(H)
علاقات الرأسية فقط	hangers	أعضاء معدنية رفيعة رأسية لحمل الأحمال
مسامير ربط عالة المقاومة	high strength bolt	مسامير ربط يتم ربطها وتثبيتها بطريقة خاصة
حلقات دائرية مسلوبة (ورد مسلوبة)	hillside washer	حلقات ذات اوجه غير متوازية
مدلفن على الساخن	hot rolled	عضو إنشائي يتم تشكيله إلى الشكل المطلوب عندما يكون الصلب شبه مصهور في الفرن
شكلHP	HP shape	قطاع مكون من شفتين يربط بينهما وتيرة في منتصف عرض الشفة واوجه كل شفة متوازية ، وعرض القطاع يساوي ارتفاع القطاع
قطاع I	I-section	قطاع من الصلب مدلفن والمقطع على شكل حرف (I)
تفتيش	inspection	أعمال مثل أعمال القياس والفحص والاختبارات ومعايرة خاصية أو اكثر من خصائص منتج أو خدمات ومقارنتها بالمتطلبات المحددة للتأكد من تحقق المطابقة
زاوية على شكل L	L-angels	قطاع، والمقطع على شكل حرف L وضلعاه متساويان أو غير متساويين
شكل "L"	"L" shapes	قطاعات على شكل زوايا ذات أضلاع متساوية أو أضلاع غير متساوية
جسر (جائز) علوي	lintel	جسر مصمم لتركيبه فوق الفتحات (الشبابيك ،و الأبواب ،و الفتحات)
شكل (M)	M shape	(١) قطاع مكون من شفتين تربط بينهما وتيرة في منتصف عرض الشفة واوجه كل شفة متوازية، ولا يمكن تصنيفه كأحد الأشكال W , HP اوS . (٢) أشكال مقطعها متماثل في الاتجاهين ولا يمكن تصنيفها من الأشكال W , HP اوS
شكل (MC)	MC shape	قطاع مكون من وتيرة واحدة ما بين شفتين وفي اتجاه واحد (قطاع مجرى) ولا يمكن تصنيفه تحت شكل (C)
مواد مصنع	mill material	منتجات صلب يتم إنتاجها خصيصاً لمشروع معين
فحص واختبار غير محددين	non-specific inspection and testing	أعمال فحص واختبار يقوم بها المنتج طبقاً لإجراءاته الخاصة لكي يتأكد عما إذا كانت منتجاته مصنعة بالشكل الذي يحقق متطلبات أمر التوريد (الطلبية). وليس من الضروري أن تكون المنتجات التي يجري عليها الفحص أو الاختبار هي نفس المنتجات التي ستورد فعلاً
ترميز أعمال اللحام	notations for welding	الملحوظات على المخططات التنفيذية والخاصة بالوصلات أو مجموعات الوصلات التي يجب أن يتم مراقبة تتابع وتقنيات أعمال اللحام بها بعناية كافية لتقليل حدوث إجهادات زائدة أثناء اللحام وتفادي التشويه الذي لا داعي له
معادن أخرى	other metals	صلب مصبوب لأغراض إنشائية
نظام دهان الوقاية	protective paint system	مجموع طبقات الدهان والتي يجب تنفيذها أو التي سبق عملها للأسطح الخام لتزويدها بالوقاية ضد الصدأ

مخططات	plans	التصميم الكامل شاملاً المقاسات والقطاعات والمواقع للأعضاء الإنشائية المتنوعة. يجب توضيح جميع المناسيب والأبعاد بمقياس رسم كبير كاف لبيان المعلومات بشكل مناسب
مداد	purlin	عنصر إنشائي ثانوي يركب في وضع أفقي للأسقف
حمال	rafter	جسر (جائز) أساسي لحمل السقف
إطار (هيكل) جاسئ	rigid frame	يفترض فيه أن تكون وصلات الجسور مع الأعمدة ذات جسائة كافية بحيث تظل الزوايا بين الأعضاء المتقاطعة ثابتة لا تتغير بتأثير الأحمال
قضيب	rod	عضو طويل ونحيف لتلقي الحمل
رافد من الصلب المدلفن	rolled steel joist	قطاع من الصلب المدلفن والمقطع على شكل حرف " I " ولكن الشفة الأفقية مسلوبة وأكبر سماكة للشفة عند الوتر(العصب)
قطاع من الصلب مدلفن	rolled steel section	منتج من الصلب على شكل عضو طولي ذي قطاع عرضي ثابت ويتم تشكيله بعملية الدلفنة
أشكال	shapes	قطاعات ذات الشفاه (مشفهة)
شكل (S)	S shape	قطاع بشفاه صغيرة مكون من عصب (وتيرة) في منتصف عرض الشفة ويصل ما بين الشفتين وسطحي العصب متوازيين وسماكة الشفة تقل في اتجاه يمين ويسار القطاع
إطار (هيكل) شبه جاسئ	semi-rigid framing	يفترض فيها أن تكون وصلات الجسور والجسور الرئيسة ذات جساءة لتحمل العزوم الإنشائية التي تقع بين درجة جساءة الهياكل القوية ومرونة الهياكل البسيطة (حرة الدوران)
الرسومات التنفيذية	shop drawings	تعطي المعلومات الكافية الضرورية لتصنيع الأعضاء الإنشائية وأجزائها بما في ذلك مواقع وأنواع ومقاسات البراشم ومسامير الربط واللحامات وتجهز هذه الرسومات قبل البدء بعمليات التصنيع والتنفيذ
فحص واختبار محدد	specific inspection and testing	أعمال فحص واختبار يجب أن تتم على المنتجات قبل التوريد للموقع أو على عينات اختبار ممثلة للمنتجات، وتكون هذه الأعمال طبقاً للمتطلبات الفنية لأمر الشراء وذلك للتأكد من مدى مطابقة تلك المنتجات مع متطلبات أمر التوريد
هيكل بسيط	simple framing	الهيكل الذي تكون فيه نهايات الجسور والجسور الرئيسة حرة الدوران تحت تأثير الأحمال الرأسية وقادرة على مقاومة قوى القص
هيكل من الصلب	steel frame	هيكل تكون فيه الأعضاء الإنشائية من الصلب
مبني من الصلب	steel framed building	مبني هيكلي يكون فيه الصلب هو المادة الإنشائية الأساسية
لوح إنشائي من الصلب	structural steel sheet	لوح ينتج بحيث يكون قادراً على تلقي أحمال الشد المحددة أو المطلوبة
عضو تقوية	stiffener	عضو يستخدم لتقوية لوح ضد الانبعاج العرضي
صلب إنشائي	structural steel	كما ذكر بالمواصفات القياسية ويتم تشكيله عن طريق اللحام أو تشكيله على البارد أو الساخن أو بالدلفنة على الساخن
قطاع إنشائي مجوف	structural hollow section	أنابيب صلب مجوفة ذات مقطع مستطيل أو دائري تستخدم لأغراض إنشائية

(شكال انضغاطي)	struts	عضو إنشائي قادر على تلقي أحمال ضغط في اتجاه محوره
وصلات مسامير ضد القص	stud shear connectors	مسمار يتم كبسه داخل فتحة منفذة بعضويين إنشائيين أو أكثر لمقاومة إجهاد القص
سطح خام	substrate	سطح تم طلاؤه أو الذي سيتم طلاؤه
مقطع (T)	T-section	مقطع من الصلب المدلفن والمقطع على شكل حرف (T)
جمالون	truss	جسر مصمم من أعضاء رأسية وقطرية على شكل شبكة
شكل (W)	W shape	(١) قطاع بشفاه عريضة مكون من عصب(وتيرة) في منتصف عرض الشفة ويصل ما بين شفتين وسطحي كل جزء متوازيين (٢) أشكال متماثلة في الاتجاهين وبشفاه عريضة وتستخدم إنشائياً كجسر أو عمود
عصب (وتيرة)	web	الجزء من العضو الإنشائي الذي يصل بين شفتين
فني اللحام	welder	هو الفني الذي يقوم باللحام

جداول القطاعات القياسية للأعضاء من الفولاذ

حسب المواصفات الألمانية DIN EN 10025, 17100

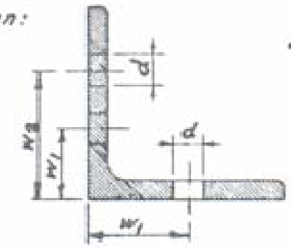


Approx. radii of gyration:

$i_x = i_y = 0.30\,a$

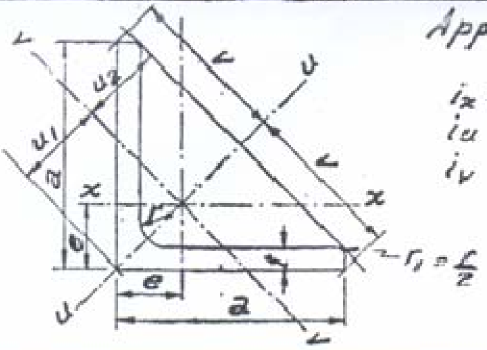
$i_u = 0.38\,a$

$i_v = 0.20\,a$



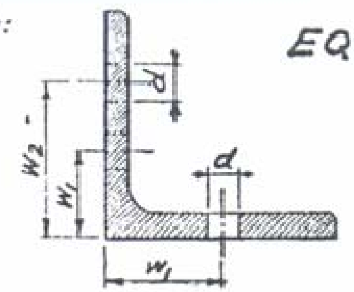
EQUAL ANGLES

Profile Nº	Dimensions a mm	t mm	r mm	Area cm²	Weight kg/m	Distances of Axes e cm	v cm	u_1 cm	u_2 cm	Axes x, y I_x cm⁴	Z_x cm³	i_x cm	Axis u I_u cm⁴	i_u cm	Axis v I_v cm⁴	Z_v cm³	i_v cm	Rivets d_{max} mm	w_1 mm	w_2 mm
3	30	3	5	1.74	1.36	0.84	2.12	1.18	1.04	1.41	0.65	0.90	2.24	1.14	0.57	0.48	0.57			
30x30x4	30	4	5	2.27	1.78	0.89	2.12	1.24	1.05	1.61	0.86	0.89	2.85	1.12	0.76	0.61	0.58	8.5	17	—
5	30	5	5	2.78	2.18	0.92	2.12	1.30	1.07	2.16	1.04	0.88	3.41	1.11	0.91	0.70	0.57			
4	35	4	5	2.67	2.10	1.00	2.47	1.41	1.24	2.96	1.18	1.05	4.68	1.33	1.24	0.88	0.68			
35x35x5	35	5	5	3.28	2.57	1.04	2.47	1.47	1.25	3.86	1.45	1.04	5.63	1.31	1.49	1.10	0.67	11	20	—
6	35	6	5	3.87	3.04	1.08	2.47	1.53	1.27	4.14	1.71	1.04	6.50	1.30	1.77	1.16	0.68			
4	40	4	6	3.08	2.42	1.12	2.83	1.58	1.40	4.48	1.56	1.21	7.09	1.52	1.86	1.18	0.78			
40x40x5	40	5	6	3.79	2.97	1.16	2.83	1.64	1.42	5.43	1.91	1.20	8.64	1.51	2.22	1.35	0.77	11	22	—
6	40	6	6	4.48	3.52	1.20	2.83	1.70	1.43	6.33	2.26	1.19	9.98	1.49	2.67	1.57	0.77			
5	45	5	7	4.30	3.38	1.28	3.18	1.81	1.56	7.83	2.43	1.35	12.4	1.70	3.25	1.80	0.87			
45x45x6	45	6	7	5.09	4.00	1.32	3.18	1.87	1.59	9.16	2.88	1.34	14.5	1.69	3.83	2.05	0.87	11	25	—
7	45	7	7	5.86	4.60	1.36	3.18	1.92	1.61	10.4	3.31	1.33	16.4	1.67	4.39	2.29	0.87			
5	50	5	7	4.80	3.77	1.40	3.54	1.98	1.76	11.0	3.05	1.51	17.4	1.98	4.59	2.32	0.98			
50x50 6	50	6	7	5.69	4.47	1.45	3.54	2.04	1.77	12.8	3.61	1.50	20.4	1.89	5.24	2.51	0.96	13	30	—
7	50	7	7	6.56	5.15	1.49	3.54	2.11	1.78	14.6	4.16	1.49	23.1	1.88	6.02	2.85	0.96			
8	50	8	7	7.41	5.82	1.52	3.54	2.16	1.80	16.3	4.68	1.48	25.7	1.86	6.87	3.19	0.96			
5	55	5	8	5.32	4.18	1.52	3.89	2.15	1.93	14.7	3.70	1.66	23.3	2.09	6.11	2.88	1.07			
55x55 6	55	6	8	6.31	4.95	1.56	3.89	2.21	1.94	17.3	4.40	1.66	27.4	2.08	7.24	3.28	1.07	17	30	—
8	55	8	8	8.23	6.46	1.64	3.89	2.32	1.97	22.1	5.72	1.64	34.8	2.06	9.35	4.03	1.07			
10	55	10	8	10.10	7.90	1.72	3.89	2.43	2.00	26.3	6.97	1.62	41.4	2.02	11.3	4.65	1.06			
6	60	6	8	6.91	5.42	1.69	4.24	2.39	2.11	22.8	5.29	1.82	36.1	2.29	9.43	3.95	1.17			
60x60x8	60	8	8	9.03	7.09	1.77	4.24	2.50	2.14	29.1	6.88	1.80	46.1	2.26	12.1	4.84	1.16	17	35	—
10	60	10	8	11.10	8.69	1.85	4.24	2.62	2.17	34.9	8.41	1.78	55.1	2.23	14.6	5.57	1.15			
7	65	7	9	8.70	6.83	1.85	4.60	2.62	2.29	33.4	7.18	1.96	53.0	2.47	13.8	5.27	1.26	17		
65x65x8	65	8	9	9.85	7.73	1.89	4.60	2.67	2.31	37.5	8.13	1.95	59.4	2.46	15.6	5.84	1.26	21	35	—
9	65	9	9	11.00	8.62	1.93	4.60	2.73	2.32	41.3	9.04	1.94	65.4	2.44	17.2	6.30	1.25	21		
7	70	7	10	9.40	7.38	1.97	4.95	2.79	2.47	42.4	8.43	2.12	67.1	2.67	17.6	6.31	1.37	17		
70x70x9	70	9	10	11.9	9.34	2.05	4.95	2.90	2.50	52.6	10.6	2.10	83.1	2.64	22.0	7.59	1.36	21	40	—
11	70	11	10	14.3	11.2	2.13	4.95	3.01	2.53	61.8	12.7	2.08	97.6	2.61	26.0	8.64	1.35	21		
7	75	7	10	10.1	7.94	2.09	5.30	2.95	2.63	52.4	9.67	2.28	83.6	2.88	21.1	7.15	1.45	17		
75x75 8	75	8	10	11.5	9.05	2.13	5.30	3.01	2.65	58.9	11.0	2.26	93.3	2.85	24.4	8.11	1.46	21	40	—
10	75	10	10	14.1	11.1	2.21	5.30	3.12	2.68	71.4	13.5	2.25	113	2.83	29.8	9.65	1.45	21		
12	75	12	10	16.7	13.1	2.29	5.50	3.24	2.71	82.4	15.8	2.22	130	2.79	34.7	10.7	1.44	21		
8	80	8	10	12.3	9.66	2.26	5.66	3.20	2.82	72.3	12.6	2.42	115	3.06	29.6	9.25	1.55			
80x80 10	80	10	10	15.1	11.9	2.34	5.66	3.51	2.85	87.5	15.5	2.41	139	3.03	35.9	10.9	1.54	21	45	—
12	80	12	10	[illegible]	14.1	[illegible]	5.66	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]			
14	80	14	10	20.6	16.1	2.46	5.65	3.51	2.93	115	20.8	2.36	181	2.96	48.6	13.9	1.54			



Approx. radii of gyration:

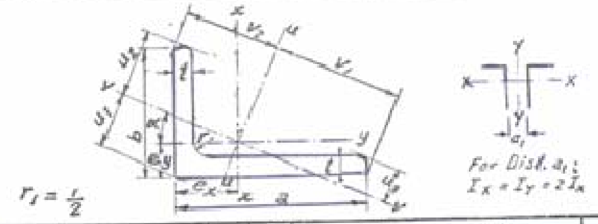
$i_x = i_y = 0.30a$
$i_u = 0.38a$
$i_v = 0.20a$



EQUAL ANGLES

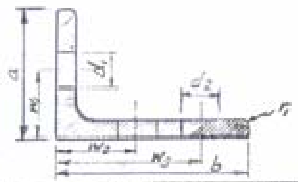
Profile Nº	Dimensions a mm	Dimensions t mm	Dimensions r mm	Area cm²	Weight Kg/m	Distances of Axes e cm	v cm	u_1 cm	u_2 cm	Properties of Section: Axes x, y I_x cm⁴	Z_x cm³	i_x cm	Axis u I_u cm⁴	i_u cm	Axis v I_v cm⁴	Z_v cm³	i_v cm	Rivets d_{max} mm	W_1 mm	W_2 mm
90 x 90 x 9	90	9	11	15.5	12.2	2.54	6.36	3.59	3.18	116	18.0	2.74	184	3.45	47.8	13.3	1.76	21	50	—
11	90	11	11	18.7	14.7	2.62	6.36	3.70	3.21	138	21.6	2.72	218	3.41	57.1	15.4	1.75	21		
13	90	13	11	21.8	17.1	2.70	6.36	3.81	3.24	158	25.1	2.69	250	3.39	65.9	17.3	1.74	25		
16	90	16	11	26.4	20.7	2.81	6.36	3.97	3.29	186	30.1	2.66	294	3.34	79.1	19.9	1.73	25		
100 x 100 x 10	100	10	12	19.2	15.1	2.82	7.07	3.99	3.54	177	24.7	3.04	280	3.82	73.3	18.4	1.95	21	55	—
12	100	12	12	22.7	17.8	2.90	7.07	4.10	3.57	207	29.2	3.02	328	3.80	86.2	21.0	1.95	25		
14	100	14	12	26.2	20.6	2.98	7.07	4.21	3.60	235	33.5	3.00	372	3.77	98.3	23.4	1.94	25		
16	100	16	12	29.6	23.2	3.06	7.07	4.32	3.63	262	37.7	2.97	413	3.74	111	25.6	1.93	25		
110 x 110 x 10	110	10	12	21.2	16.6	3.07	7.78	4.34	3.89	239	30.1	3.36	379	4.23	98.6	22.7	2.16	21	50	70
12	110	12	12	25.1	19.7	3.15	7.78	4.45	3.93	280	35.7	3.34	444	4.21	116	26.1	2.15	25		
14	110	14	12	29.0	22.8	3.21	7.78	4.54	3.98	319	41.0	3.32	505	4.18	133	29.3	2.14	25		
16	110	16	12	32.8	25.7	3.31	7.78	4.68	3.96	356	46.3	3.29	563	4.14	149	31.7	2.13	25		

11	120	11	13	25.4	19.9	3.36	8.49	4.75	4.24	341	39.5	3.66	541	4.62	140	29.5	2.35	21		
120x120x13	120	13	13	29.7	23.3	3.44	8.49	4.86	4.27	394	46.0	3.64	625	4.59	162	33.3	2.34	25	50	80
15	120	15	13	33.9	26.6	3.51	8.49	4.96	4.31	446	52.5	3.63	705	4.56	186	37.5	2.34	25		
12	130	12	14	30.0	23.6	3.64	9.19	5.15	4.60	472	50.4	3.97	750	5.00	194	37.7	2.54	25		
130x130x14	130	14	14	34.7	27.2	3.72	9.19	5.26	4.63	540	58.2	3.94	857	4.97	223	42.4	2.53	25	50	90
16	130	16	14	39.3	30.9	3.80	9.19	5.37	4.66	605	65.8	3.92	959	4.94	251	46.7	2.52	25		
140x140x13	140	13	15	35.0	27.5	3.92	9.90	5.54	4.96	638	63.3	4.27	1010	5.38	262	47.3	2.74	25		
15	140	15	15	40.0	31.4	4.00	9.90	5.66	4.99	723	72.3	4.25	1150	5.36	298	52.7	2.73	25	55	100
12	150	12	16	34.8	27.3	4.12	10.6	5.83	5.29	737	67.7	4.60	1170	5.80	303	52.0	2.95	25		
14	150	14	16	40.3	31.6	4.21	10.6	5.95	5.31	845	78.2	4.58	1340	5.77	347	58.3	2.94	25		
150x150x16	150	16	16	45.7	35.9	4.29	10.6	6.07	5.34	949	88.7	4.56	1510	5.74	391	64.4	2.93	25	55	110
18	150	18	16	51.0	40.1	4.36	10.6	6.17	5.38	1050	99.3	4.54	1670	5.70	438	71.0	2.93	28		
20	150	20	16	56.3	44.2	4.44	10.6	6.28	5.41	1150	109	4.51	1820	5.68	477	76.0	2.91	28		
15	160	15	17	46.1	36.2	4.49	11.3	6.35	5.67	1100	95.6	4.88	1750	6.15	453	71.3	3.14	25		
160x160x17	160	17	17	51.8	40.7	4.57	11.3	6.46	5.70	1230	108	4.86	1950	6.13	506	78.3	3.13	25	60	115
19	160	19	17	57.5	45.1	4.65	11.3	6.58	5.73	1350	118	4.66	2140	6.10	558	84.8	3.12	28		
16	180	16	18	55.4	43.5	5.02	12.7	7.11	6.39	1680	130	5.51	2690	6.96	679	95.5	3.50	25		
180x180x18	180	18	18	61.9	48.6	5.10	12.7	7.22	6.41	1870	145	5.49	2970	6.93	757	105	3.49	28	60	135
20	180	20	18	68.4	53.7	5.18	12.7	7.33	6.44	2040	160	5.47	3260	6.90	830	113	3.49	28		
22	180	22	18	74.7	58.6	5.26	12.7	7.44	6.47	2210	174	5.44	3510	6.86	918	123	3.50	28		
16	200	16	18	61.8	49.5	5.52	14.1	7.80	7.09	2340	162	6.15	3740	7.78	943	121	3.91	25		
18	200	18	18	69.1	54.3	5.60	14.1	7.92	7.12	2600	181	6.13	4150	7.75	1050	133	3.90	28		
200x200x20	200	20	18	76.4	59.9	5.65	14.1	8.04	7.15	2850	199	6.11	4540	7.72	1160	144	3.89	28	65	150
24	200	24	18	90.6	71.1	5.34	14.1	3.26	7.21	3330	235	6.06	5280	7.64	1380	167	3.90	28		
28	200	28	18	105	82.0	5.99	14.1	8.47	7.26	3780	270	6.02	5990	7.57	1580	186	3.89	28		



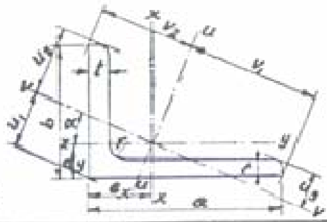
Profile No	a mm	b mm	t mm	r mm	Area cm²	Weight kg/m	e_x cm	e_y cm	v_1 cm	v_2 cm	u_1 cm	u_2 cm	u cm	tan α
													a : b	
30x20x 3	30	20	3	3.5	1,42	1,11	0.99	0.50	2.04	1,51	0,86	1,04	0.56	.431
4	30	20	4	3.5	1,85	1,45	1.03	0.54	2.62	1.52	0,91	1.03	0.58	.423
45x30x 3	45	30	3	4.5	2.19	1.72	1,43	0,70	3,09	2.23	1.21	1.59	0.80	.436
4	45	30	4	4.5	2.87	2.25	1,48	0,74	3.07	2.26	1.27	1,58	0.83	.436
5	45	30	5	4.5	3.53	2.77	1,52	0.78	3,05	2.27	1.32	1,58	0.85	.400
60x40x 5	60	40	5	6	4.79	3.76	1,96	0.97	4,08	3.01	1.68	2.09	1.10	.437
6	60	40	6	6	5.68	4.46	2.00	1.01	4.06	3.02	1.72	2.08	1.12	.433
7	60	40	7	6	6,55	5,14	2.04	1.05	4,04	3.03	1.77	2.07	1.14	.429
75x50x 5	75	50	5	6.5	6.04	4.74	2.40	1,17	5,14	3.73	2.03	2.64	1,32	.437
7	75	50	7	6.5	8.30	6.51	2.48	1,25	5,10	3.77	2.13	2.63	1,38	.433
9	75	50	9	6.5	10,5	8.23	2.56	1,32	5,06	3.80	2.22	2.62	1,44	.427
90x60x 6	90	60	6	7	8.69	6.82	2.89	1.41	6,14	4,50	2.44	3.16	1.60	.442
8	90	60	8	7	11.4	8.96	2.97	1.49	6.11	4.54	2.56	3.15	1.69	.437
100x65x 7	100	65	7	10	11.2	8.77	3.23	1.51	6.83	4.91	2.66	3.48	1.73	.419
9	100	65	9	10	14,2	11.1	3.32	1.59	6.78	4.94	2.76	3.46	1.78	.415
11	100	65	11	10	17,1	13.4	3.40	1.67	6.74	4.97	2.85	3.45	1.83	.410
120x80x 8	120	80	8	11	15.5	12.2	3.83	1.87	8.23	5.99	3.27	4.20	2.16	.441
10	120	80	10	11	19,1	15.0	3.92	1.95	8.18	6.03	3.37	4.19	2.19	.438
12	120	80	12	11	22.7	17.8	4.00	2.03	8.14	6.06	3.46	4.18	2.25	.433

UNEQUAL ANGLES: 1

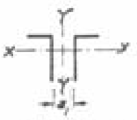


Approx. Radii of Gyration:
a:b = 1.5 i_x = .28b
i_y = .31a
i_u = .33a
i_v = .22b

Profile No	Axis x: I_x cm⁴	Z_x cm³	i_x cm	Axis y: I_y cm⁴	Z_y cm³	i_y cm	Axis u: I_u cm⁴	i_u cm	Axis v: I_v cm⁴	i_v cm	Rivet Holes: d_1 mm	d_2 mm	w_1 mm	w_2 mm	w_3 mm	Distance a_1 mm
= 1 : 1.5																
30x20x 3	1.25	0.62	0.94	0.44	0.29	0.56	1.43	1.00	0.25	0.42	–	–	–	–	–	5.2
4	1.59	0.81	0.93	0.55	0.38	0.55	1.84	0.99	0.33	0.42	–	–	–	–	–	4.2
45x30x 3	4.47	1.46	1.43	1.60	0.70	0.86	5.15	1.53	0.93	0.65						8.0
4	5.78	1.91	1.42	2.05	0.91	0.85	6.65	1.52	1.18	0.64	8.5	11	17	25	–	7.2
5	6.99	2.35	1.41	2.47	1.11	0.84	8.02	1.51	1.44	0.64						
60x40x 5	17.2	4.25	1.89	6.11	2.02	1.13	19.8	2.03	3.50	0.86						11.2
6	20.1	5.03	1.88	7.12	2.38	1.12	23.1	2.02	4.12	0.85	11	17	22	35	–	10.2
7	23.0	5.79	1.87	8.07	2.74	1.11	26.3	2.00	4.73	0.85						9.2
75x50x 5	34.4	6.74	2.39	12.3	3.21	1.43	39.6	2.56	7.10	1.08		17				14.6
7	46.4	9.24	2.36	16.5	4.39	1.41	53.3	2.53	9.56	1.07	13	17	30	40	–	13.0
9	57.4	11.6	2.34	20.2	5.49	1.39	65.7	2.50	11.9	1.07		17				11.8
90x60x 6	71.7	11.7	2.87	25.8	5.61	1.72	82.8	3.09	14.6	1.30	17	21	35	50	–	17.6
8	92.5	15.4	2.85	33.0	7.31	1.70	107	3.06	19.0	1.29						15.2
100x65x 7	113	16.6	3.17	37.6	7.54	1.84	128	3.39	21.6	1.39	17	17				21.8
9	141	21.0	3.15	46.7	9.52	1.82	160	3.36	27.2	1.39	21	21	35	55	–	19.8
11	167	25.3	3.13	55.1	11.4	1.80	190	3.34	32.6	1.38	21	21				17.8
120x80x 8	226	27.6	3.82	90.6	13.2	2.29	261	4.10	45.8	1.72	21	21				24.0
10	276	34.1	3.80	98.1	16.2	2.27	318	4.07	56.1	1.71	21	24	45	50	80	22.2
12	323	40.4	3.77	114	19.1	2.25	371	4.04	66.1	1.71	21	25				20.2

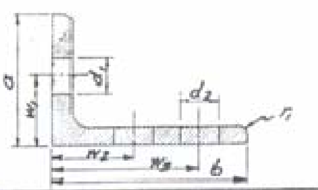


$r_1 = \frac{r}{2}$



For Dist. a_1: $I_X = I_Y = 2I_x$

Profile Nº	a mm	b mm	t mm	r mm	Area cm²	Weight Kg/m	e_x cm	e_y cm	v_1 cm	v_2 cm	u_1 cm	u_2 cm	u_3 cm	tan α
												a : b		
130x90x10	130	90	10	12	21,2	16,6	4,15	2,18	8,92	6,69	3,75	4,62	2,51	.472
12	130	90	12	12	25,1	19,7	4,24	2,26	8,88	6,72	3,85	4,60	2,56	.468
10	150	100	10	13	24,2	19,0	4,80	2,34	10,3	7,50	4,10	5,25	2,68	.442
150x100x12	150	100	12	13	28,7	22,6	4,89	2,42	10,2	7,53	4,19	5,24	2,73	.439
14	150	100	14	13	33,2	26,1	4,97	2,50	10,2	7,56	4,28	5,23	2,77	.435
												a : b		
40x20x3	40	20	3	3.5	1.72	1.35	1,43	0,44	2,61	1.77	0,79	1,19	0,46	.259
4	40	20	4	3.5	2,25	1.77	1,47	0,48	2,57	1,80	0,83	1,18	0,50	.252
60x30x5	60	30	5	6	4,29	3,37	2,15	0,68	3,90	2,67	1,20	1,77	0,72	.256
7	60	30	7	6	5,85	4,59	2,24	0,76	3,83	2,72	1,28	1,73	0,78	.248
80x40x6	80	40	6	7	6,89	5,41	2,85	0,88	5,21	3,53	1,55	2,42	0,89	.259
8	80	40	8	7	9,01	7,07	2,94	0,95	5,15	3,57	1,65	2,38	1,04	.253
6	100	50	6	9	8,73	6,85	3,49	1,04	6,50	4,39	1,91	2,98	1,15	.263
100x50x8	100	50	8	9	11,5	8,99	3,59	1,13	6,48	4,44	2,00	2,95	1,18	.258
10	100	50	10	9	14,1	11,1	3,67	1,20	6,43	4,49	2,08	2,91	1,22	.252
8	130	65	8	11	15,1	11,9	4,56	1,37	8,50	5,71	2,49	3,86	1,47	.263
130x65x10	130	65	10	11	18,6	14,6	4,65	1,45	8,43	5,76	2,58	3,82	1,54	.259
12	130	65	12	11	22,1	17,3	4,74	1,53	8,37	5,81	2,64	3,80	1,60	.255

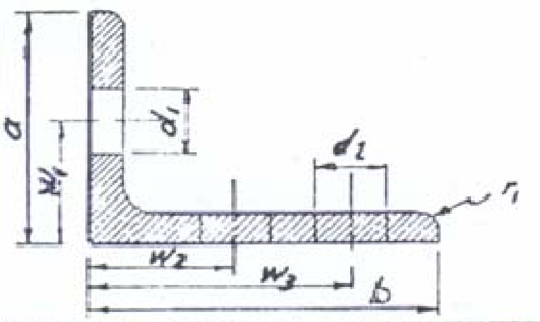


UNEQUAL ANGLES-II

Approx. Radii of Gyration:

a:b = 2.0 i_x = .26 b
i_y = .31 a
i_u = .33 a
i_v = .21 b

Properties of Section: Axis x I_x cm⁴	Z_x cm³	i_x cm	Axis y I_y cm⁴	Z_y cm³	i_y cm	Axis u I_u cm⁴	i_u cm	Axis v I_v cm⁴	i_v cm	Rivet Holes d_1 mm	d_2 mm	w_1 mm	w_2 mm	w_3 mm	Distance a_1 mm
= 1 : 1.5															
358	40,5	4,11	141	20,6	2,58	420	4,46	78,5	1,93	21	25	50	50	90	20,4
420	48,0	4,09	165	24,4	2,56	492	4,43	92,6	1,92	21	25				18,6
552	58,1	4,78	198	25,8	2,86	637	5,13	112	2,15	28	21				29,9
650	64,2	4,76	232	30,6	2,84	749	5,10	132	2,15	25	25	55	55	110	28,0
744	74,1	4,73	264	35,2	2,82	856	5,07	152	2,14	25	25				26,2
= 1 : 2.0															
2,79	1,08	1,27	0,47	0,30	0,52	2,96	1,31	0,30	0,42	—	—	—	—	—	15,8
3,59	1,42	1,26	0,60	0,39	0,52	3,79	1,30	0,39	0,42						13,8
15,6	4,04	1,90	2,60	1,12	0,78	16,5	1,96	1,69	0,63	8.5	17	17	35	—	21,4
20,7	5,50	1,88	3,41	1,52	0,76	21,8	1,93	2, 8	0,62						19,5
44,9	8,73	2,55	7,59	2,44	1,05	47,6	2,63	4,90	0,84	11	17	22	45	—	29,0
57,6	11,4	2,53	9,68	3,18	1,04	60,9	2,60	6,41	0,84	11	21				27,2
89,7	13,8	3,20	15,3	3,86	1,32	95,2	3,30	9,78	1,06	13	17	30	55	—	37,6
116	18,0	3,18	19,5	5,04	1,31	123	3,28	12,6	1,05	13	21				35,4
141	22,2	3,16	23,4	6,17	1,29	149	3,25	15,5	1,04	13	21				33,5
263	31,1	4,17	44,8	8,72	1.72	280	4,31	28,6	1.38	21	21				48,6
321	38,4	4,15	54,2	10,7	1.71	340	4,27	35,0	1,37	21	21	35	50	90	46,9
376	45,5	4,12	63,0	12,7	1.69	397	4,24	41,2	1,37	21	25				44,6



UNEQUAL ANGLES-iii

Approx. Radii of Gyration:

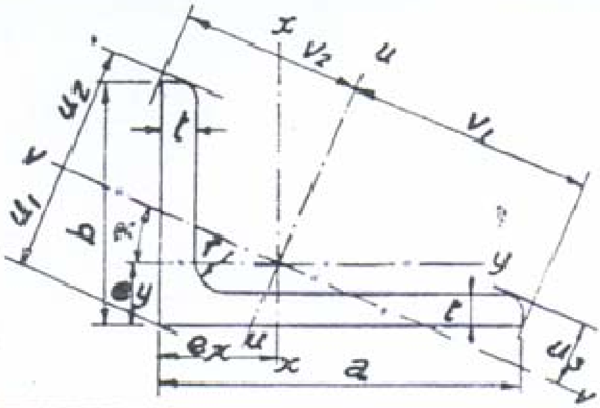
a:b = 2.0 i_x = .26b

i_y = .31a

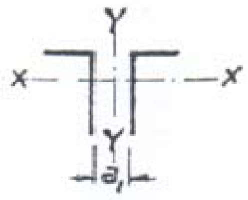
i_u = .33a

i_v = .22b

Properties of Section										Rivet Holes					Distance z_1
Axis x			Axis y			Axis u		Axis v							
I_x cm⁴	Z_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	Z_y cm³	i_y cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	i_v cm	d_1 mm	d_2 mm	W_1 mm	W_2 mm	W_3 mm	mm
b = 1 : 2.0															
455	46.8	4.83	78.3	13.2	2.00	484	4.98	50.0	1.60	21	21	40	55	110	56.9
545	56.6	4.80	93.0	15.9	1.98	578	4.95	59.8	1.59	21	21				54.4
611	58.9	5.14	104	16.5	2.12	648	5.29	67.0	1.70	21	21	45	60	115	59.7
720	70.0	5.11	122	19.6	2.10	763	5.26	78.9	1.69	21	25				57.9
823	80.7	5.09	139	22.5	2.09	871	5.23	90.6	1.69	25	25				55.8
880	75.1	5.80	151	21.2	2.40	934	5.97	97.4	1.93	21	25	50	60	135	68.5
1040	89.3	5.77	177	25.1	2.38	1100	5.94	114	1.92	21	25				66.5
1220	93.2	6.46	210	26.3	2.68	1300	6.66	133	2.14	21	21	55	60	150	77.4
1440	111	6.43	247	31.3	2.67	1530	6.63	158	2.13	25	25				75.2
1650	128	6.41	282	36.1	2.65	1760	6.60	181	2.12	25	25				73.0
1860	145	6.38	316	40.8	2.63	1970	6.57	204	2.11	25	25				71.0
variable															
8.54	2.47	1.57	4.86	1.64	1.19	10.9	1.78	2.46	0.84	11	13	22	30	—	—
10.4	3.02	1.56	5.89	2.01	1.18	13.3	1.76	3.02	0.84	11	13				—
23.1	5.11	2.04	11.9	3.18	1.47	28.8	2.28	6.21	1.0[illegible]	—	17	30	35	-	3.6
31.0	6.99	2.02	15.8	4.31	1.44	38.4	2.25	8.37	1.05	13	17				1.8
38.2	8.77	2.00	19.4	5.39	1.42	47.0	8.22	10.5	1.05	13	17				—

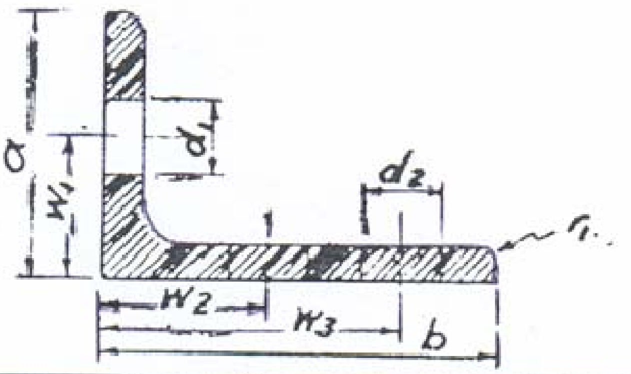


$r_1 = \frac{r}{2}$



For Dist. a_1:
$I_x = I_Y = 2 I_x$

Profile №	Dimensions				Area	Weight	Distances of Axes							tan α
	a mm	b mm	t mm	r mm	cm²	kg/m	ex cm	ey cm	V_1 cm	V_2 cm	u_1 cm	u_2 cm	u_3 cm	
														a :
150x75x9	150	75	9	10.5	19.5	15.3	5.28	1.57	9.79	6.62	2.90	4.46	1.72	.265
11	150	75	11	10.5	23.6	18.6	5.37	1.65	9.73	6.66	2.97	4.44	1.77	.261
160x80x10	160	80	10	13	23.2	18.2	5.63	1.69	10.5	7.06	3.07	4.76	1.82	.263
12	160	80	12	13	27.5	21.6	5.72	1.77	10.4	7.10	3.15	4.75	1.89	.259
14	160	80	14	13	31.8	25.0	5.81	1.85	10.3	7.16	3.23	4.72	1.95	.256
180x90x10	180	90	10	14	26.2	20.6	6.28	1.85	11.8	7.89	3.38	5.42	2.00	.262
12	180	90	12	14	31.2	24.5	6.37	1.93	11.7	7.95	3.48	5.38	2.07	.261
200x100x10	200	100	10	15	29.2	23.0	6.93	2.01	13.2	8.76	3.75	5.98	2.22	.266
12	200	100	12	15	34.8	27.3	7.03	2.10	13.1	8.82	3.84	5.95	2.26	.264
14	200	100	14	15	40.3	31.6	7.12	2.18	13.0	8.88	3.93	5.92	2.32	.262
16	200	100	16	15	45.7	35.9	7.20	2.26	12.9	8.93	4.02	5.88	2.39	.259
														a : b
50x40x4	50	40	4	4	3.46	2.71	1.52	1.03	3.50	2.85	1.67	1.84	1.26	.629
5	56	40	5	4	4.27	3.35	1.56	1.07	3.49	2.88	1.73	1.84	1.27	.625
65x50x5	65	50	5	6.5	5.54	4.35	1.99	1.25	4.52	3.61	2.08	2.38	1.50	.583
7	65	50	7	6.5	7.60	5.97	2.07	1.33	4.50	3.62	2.19	2.37	1.52	.574
9	65	50	9	6.5	9.58	7.52	2.15	1.41	4.48	3.63	2.28	2.36	1.57	.567



UNEQUAL ANGLES_iv

Approx. Radii of Gyration:

a:b = var.

$i_x = .28b$

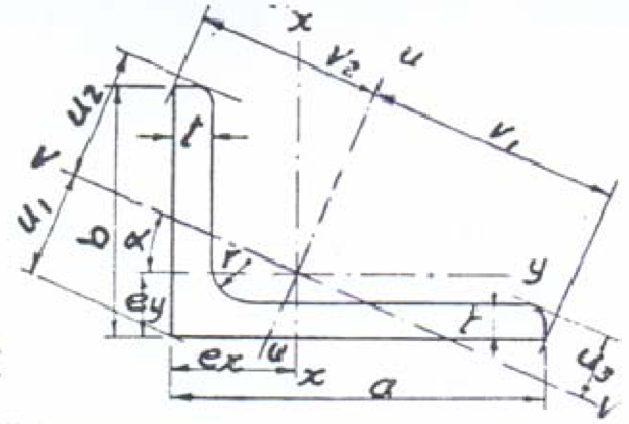
$i_y = .31a$

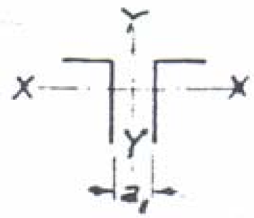
$i_u = .33a$

$i_v = .21b$

Properties of Section										Rivet Holes					Distance a_1
Axis x			Axis y			Axis u		Axis v							
I_x cm^4	Z_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	Z_y cm^3	i_y cm	I_u cm^4	i_u cm	I_v cm^4	i_v cm	d_1 mm	d_2 mm	w_1 mm	w_2 mm	w_3 mm	mm
35.5	6.84	2.37	16.2	3.89	1.60	43.1	2.61	8.68	1.17	17	17				8.4
47.9	9.39	2.35	21.8	5.32	1.59	57.9	2.59	11.8	1.17	17	17	30	40	–	6.6
53.8	10.6	2.34	24.3	6.00	1.57	64.6	2.57	13.4	1.17	17	17				5.8
59.4	11.8	2.33	26.8	6.66	1.57	71.3	2.55	14.8	1.16	17	21				5.0
52.8	9.41	2.51	31.2	6.44	1.93	68.5	2.85	15.6	1.36	17	23				–
68.1	12.3	2.49	40.1	8.41	1.91	88.0	2.82	20.3	1.36	21	23	35	45	–	–
82.2	15.1	2.46	48.3	10.3	1.89	106	2.79	24.8	1.35	21	23				–
118	17.0	3.15	56.9	10.0	2.19	145	3.49	30.1	1.59	17	17				8.8
148	21.5	3.13	71.0	12.7	2.17	181	3.47	37.8	1.59	21	21	40	55	–	7.0
176	25.9	3.11	84.0	15.3	2.15	214	3.44	45.4	1.58	21	21				5.2
276	31.9	4.17	68.3	11.7	2.08	303	4.37	41.3	1.61	21	25				39.4
337	39.4	4.14	82.9	14.4	2.06	369	4.34	50.6	1.61	21	25	40	50	90	37.4
395	46.6	4.12	96.5	17.0	2.04	432	4.31	59.6	1.60	21	25				35.4
532	53.1	4.79	145	20.9	2.51	589	5.05	88	1.95	21	25	50	55	110	41.0
626	63.1	4.77	170	24.7	2.49	693	5.02	103	1.94	21	25				39.2
1180	91.7	6.46	155	21.4	2.34	1230	6.60	102	1.91	21	25	50	65	150	85.3
1390	109	6.43	182	25.4	2.33	1450	6.57	121	1.89	21	25				83.1
2170	140	8.08	161	21.7	2.20	2220	8.17	112	1.84	21	28				124
2570	166	8.05	189	25.8	2.19	2630	8.14	132	1.83	25	28				122
2960	192	8.03	216	29.7	2.17	3020	8.11	152	1.82	25	28	50			120
3330	218	8.00	242	33.6	2.15	3400	8.08	171	1.81	25	28				118

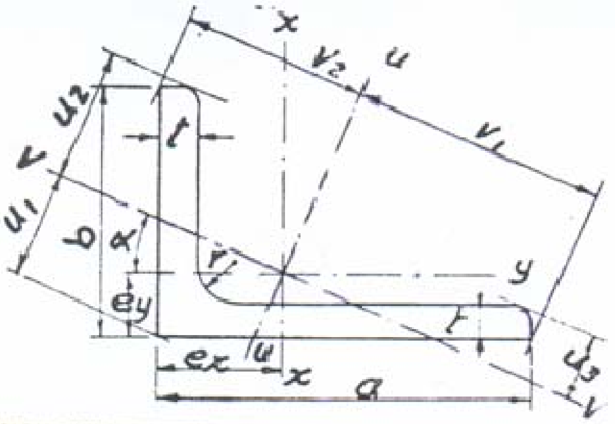
$r_1 = \frac{r}{2}$



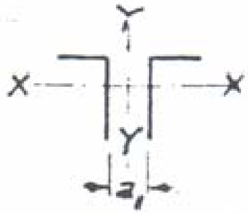


For Disl. a_1:
$I_X = I_Y = 2 I_x$

Profile Nº	Dimensions a mm	Dimensions b mm	Dimensions t mm	Dimensions r mm	Area cm²	Weight Kg/m	Distances of Axes e_x cm	e_y cm	v_1 cm	v_2 cm	u_1 cm	u_2 cm	u_3 cm	tan α
75x55x5	75	55	5	7	6.30	4.95	2.31	1.33	5.19	4.00	2.27	2.71	1.56	.530
75x55x7	75	55	7	7	8.66	6.80	2.40	1.41	5.16	4.02	2.37	2.70	1.62	.525
75x55x8	75	55	8	7	9.81	7.70	2.43	1.45	5.16	4.03	2.40	2.72	1.64	.519
75x55x9	75	55	9	7	10.9	8.59	2.47	1.48	5.14	4.04	2.46	2.70	1.66	.518
80x65x6	80	65	6	8	8.41	6.60	2.39	1.65	5.61	4.63	2.69	2.94	2.01	.649
80x65x8	80	65	8	8	11.0	8.66	2.47	1.73	5.59	4.65	2.79	2.94	2.05	.645
80x65x10	80	65	10	8	13.6	10.7	2.55	1.81	5.56	4.68	2.90	2.95	2.11	.640
100x75x7	100	75	7	10	11.9	9.32	3.06	1.83	6.96	5.42	3.10	3.61	2.18	.553
100x75x9	100	75	9	10	15.1	11.8	3.15	1.91	6.91	5.45	3.22	3.63	2.22	.549
100x75x10	100	75	10	10	18.2	14.3	3.23	1.99	6.87	5.49	3.32	3.65	2.27	.545
130x75x8	130	75	8	10.5	15.9	12.5	4.36	1.05	8.73	6.01	2.99	4.26	1.83	.339
130x75x10	130	75	10	10.5	19.6	15.4	4.45	1.73	8.66	6.05	3.08	4.24	1.88	.336
130x75x12	130	75	12	10.5	23.3	18.3	4.53	1.81	8.61	6.09	3.18	4.21	1.95	.332
150x90x10	150	90	10	12.5	23.2	18.2	4.99	2.03	10.1	7.05	3.60	5.02	2.24	.360
150x90x12	150	90	12	12.5	27.5	21.6	5.08	2.11	10.1	7.10	3.70	5.00	2.30	.358
200x90x10	200	90	10	14	28.2	22.1	7.17	1.76	12.9	8.57	3.26	5.61	1.89	.221
200x90x12	200	90	12	14	33.6	26.4	7.27	1.84	12.8	8.64	3.35	5.56	1.97	.219
250x90x10	250	90	10	15	33.2	26.1	9.45	1.56	15.6	10.5	2.98	5.96	1.71	.154
250x90x12	250	90	12	15	39.6	31.1	9.55	1.65	15.5	10.6	3.07	5.90	1.79	.153
250x90x14	250	90	14	15	45.9	36.0	9.65	1.73	15.4	10.6	3.16	5.85	1.87	.152
250x90x16	250	90	16	15	52.1	40.9	9.74	1.81	15.4	10.7	3.24	5.80	1.95	.150



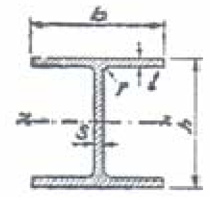
$r_1 = \frac{r}{2}$

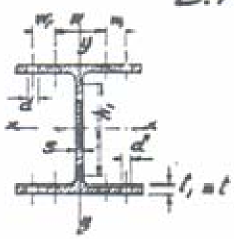


For Disl. a_1: $I_X = I_Y = 2 I_x$

Profile Nº	Dimensions a mm	b mm	t mm	r mm	Area cm²	Weight Kg/m	Distances of Axes ex cm	ey cm	v1 cm	v2 cm	u1 cm	u2 cm	u3 cm	tan α
75x55x 5	75	55	5	7	6.30	4.95	2.31	1.33	5.19	4.00	2.27	2.71	1.56	.530
7	75	55	7	7	8.66	6.80	2.40	1.41	5.16	4.02	2.37	2.70	1.62	.525
8	75	55	8	7	9.81	7.70	2.43	1.45	5.16	4.03	2.40	2.72	1.64	.519
9	75	55	9	7	10.9	8.59	2.47	1.48	5.14	4.04	2.46	2.70	1.66	.518
80x65x 6	80	65	6	8	8.41	6.60	2.39	1.65	5.61	4.63	2.69	2.94	2.01	.649
8	80	65	8	8	11.0	8.66	2.47	1.73	5.59	4.65	2.79	2.94	2.05	.645
10	80	65	10	8	13.6	10.7	2.55	1.81	5.56	4.68	2.90	2.95	2.11	.640
100x75x 7	100	75	7	10	11.9	9.32	3.06	1.83	6.96	5.42	3.10	3.61	2.18	.553
9	100	75	9	10	15.1	11.8	3.15	1.91	6.91	5.45	3.22	3.63	2.22	.549
10	100	75	10	10	18.2	14.3	3.23	1.99	6.87	5.49	3.32	3.65	2.27	.545
130x75x 8	130	75	8	10.5	15.9	12.5	4.36	1.05	8.73	6.01	2.99	4.26	1.83	.339
10	130	75	10	10.5	19.6	15.4	4.45	1.73	8.66	6.05	3.08	4.24	1.88	.336
12	130	75	12	10.5	23.3	18.3	4.53	1.81	8.61	6.09	3.18	4.21	1.95	.332
150x90x 10	150	90	10	12.5	23.2	18.2	4.99	2.03	10.1	7.05	3.60	5.02	2.24	.360
12	150	90	12	12.5	27.5	21.6	5.08	2.11	10.1	7.10	3.70	5.00	2.30	.358
200x90x 10	200	90	10	14	28.2	22.1	7.17	1.76	12.9	8.57	3.26	5.61	1.89	.221
12	200	90	12	14	33.6	26.4	7.27	1.84	12.8	8.64	3.35	5.56	1.97	.219
250x90x 10	250	90	10	15	33.2	26.1	9.45	1.56	15.6	10.5	2.98	5.96	1.71	.154
12	250	90	12	15	39.6	31.1	9.55	1.65	15.5	10.6	3.07	5.90	1.79	.153
14	250	90	14	15	45.9	36.0	9.65	1.73	15.4	10.6	3.16	5.85	1.87	.152
16	250	90	16	15	52.1	40.9	9.74	1.81	15.4	10.7	3.24	5.80	1.95	.150

B.F.I. B.ˢ

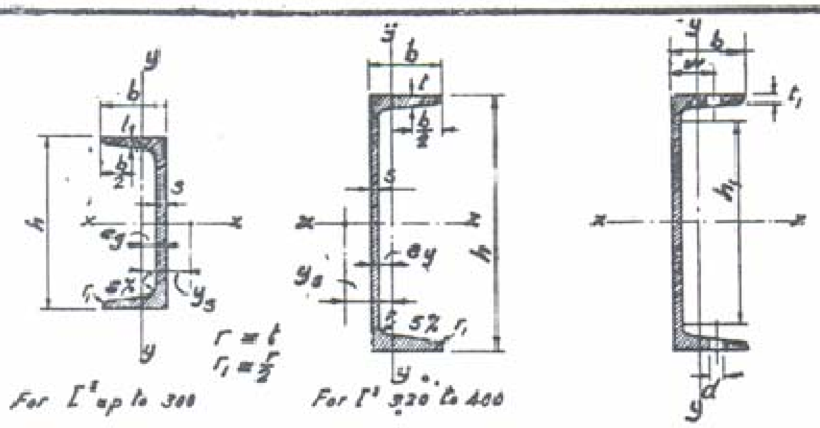




Approx. Radii of Gyration:
$i_x = 0.40h$
$i_y = 0.25b$ $(h \ngtr 400)$

Broad Flange I - Beams

Profile No	Dimensions h mm	b mm	s mm	t mm	r mm	h_1 mm	Area cm^2	Weight kg/m	Surface Area m^2/m	Properties of Section, Axis x-x: I_x cm^4	Z_x cm^3	i_x cm	Axis y-y: I_y cm^4	Z_y cm^3	i_y cm	Distance "a" for $I_x = I_Y$	Rivet Holes d_{max} mm	w mm	w_1 mm
100	100	100	6.5	10	10	60	26.1	20.5	0.57	447	89.3	4.14	167	33.4	2.53	—	13	54	—
120	120	120	7	11	11	76	34.3	26.9	0.687	864	144	5.02	317	52.9	3.04	—	17	64	—
140	140	140	8	12	12	92	44.1	34.6	0.803	1520	217	5.87	550	78.6	3.53	—	21	80	—
160	160	160	9	14	14	104	58.4	45.8	0.918	2630	329	6.72	958	120	4.05	—	23	90	—
180	180	180	9	14	14	124	65.8	51.6	1.036	3830	426	7.63	1360	151	4.55	—	25	100	—
200	200	200	10	16	15	138	82.7	64.9	1.154	5950	595	8.48	2140	214	5.08	—	25	110	—
220	220	220	10	16	15	158	91.1	71.5	1.274	8050	732	9.37	2840	258	5.59	—	25	120	—
240	240	240	11	18	17	170	111	87.4	1.389	11,690	974	10.2	4150	346	6.11	—	25	90	35
260	260	260	11	18	17	190	121	94.8	1.509	15,050	1160	11.2	5280	406	6.61	—	25	100	40
280	280	280	12	20	18	204	144	113	1.625	20,720	1480	12.0	7320	523	7.14	—	25	110	45
300	300	300	12	20	18	224	154	121	1.745	25,760	1720	12.9	9010	600	7.63	—	25	120	50
320	320	300	13	22	20	236	171	135	1.780	32,250	2023	13.7	9910	661	7.60	—	25	120	50
340	340	300	13	22	20	256	174	137	1.820	36,940	2170	14.5	9910	661	7.55	—	25	120	50
360	360	300	14	24	21	270	192	150	1.856	45,120	2510	15.3	10,810	721	7.51	—	25	120	50
380	380	300	14	24	21	290	194	153	1.896	50,950	2680	16.2	10,810	721	7.46	—	25	120	50
400	400	300	14	26	21	306	209	164	1.936	60,640	3030	17.0	11,710	781	7.49	306	25	120	50
425	425	300	14	26	21	331	212	166	1.786	69,480	3270	18.1	11,710	781	7.43	330	25	120	50
450	450	300	15	28	23	348	232	182	2.031	84,220	3740	19.0	12,620	841	7.38	350	25	120	50
475	475	300	15	28	23	373	235	185	2.081	95,120	4010	20.1	12,620	841	7.32	376	25	120	50
500	500	300	16	30	24	392	255	200	2.127	113,200	4530	21.0	13,530	902	7.28	396	28	120	50
550	550	300	16	30	24	442	263	207	2.227	140,300	5100	23.1	13,530	902	7.17	440	28	120	50
600	600	300	17	32	26	484	289	227	2.321	180,800	6030	25.0	14,440	962	7.07	480	28	120	50
650	650	300	17	32	26	534	297	234	2.421	216,800	6670	27.0	14,440	962	6.97	522	28	120	50
700	700	300	18	34	27	578	324	254	2.517	270,300	7720	28.9	15,350	1020	6.88	562	28	120	50
750	750	300	18	34	27	628	333	261	2.637	316,300	8430	30.8	15,350	1020	6.79	602	28	120	50
800	800	30–	18	34	27	678	342	268	2.717	366,400	9160	32.7	15,350	1020	6.70	642	28	120	50
900	900	300	19	36	30	768	381	299	2.911	506,000	11,250	36.4	16,270	1080	6.53	718	28	120	50
1000	1000	300	19	36	30	868	400	314	3.111	[illegible]	12,900	40.1	16,280	1080	6.37	794	28	120	50



Channels

$i_x \approx 0.4h$

Profile Nº	h mm	b mm	s mm	t mm	t_1 mm	h_1 mm	Area cm²	Weight kg/m	Axis y e_y cm	Shear Center y_s cm	I_x cm⁴	Z_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	Z_y cm³	i_y cm	Distance "a" for $I_x = I_y$ (] [)	Distance "a" for $I_x = I_y$ ([ ])	Rivets d_{max} mm	Rivets w mm
																	mm	mm		
Non-Structural Shapes																				
30x15	30	15	4	4.5	3.9	–	2.21	1.74	0.62	0.74	2.53	1.69	1.07	0.38	0.39	0.42	5	–	–	–
30	30	33	5	7	5.7	–	5.44	4.27	1.31	2.22	6.39	4.26	1.08	5.33	2.68	0.99	–	–	–	–
40x20	40	20	5	5	4.2	–	3.51	2.75	0.65	0.98	7.26	3.63	1.44	1.06	0.78	0.55	13.5	–	–	–
40	40	35	5	7	5.6	–	6.21	4.87	1.33	2.32	14.1	7.05	1.50	6.68	3.08	1.04	–	–	11	20
50x25	50	25	6	6.5	5.5	–	5.50	4.32	0.82	1.26	18.0	7.78	1.81	2.94	1.75	0.73	18	–	–	–
50	50	38	5	7	5.5	–	7.12	5.59	1.37	2.47	26.4	10.6	1.92	9.12	3.75	1.13	4	–	11	20
60x30	60	30	6	6	4.8	–	6.46	5.07	0.91	1.50	31.6	10.5	2.21	4.51	2.16	0.84	12.5	–	–	–
65	65	42	5.5	7.5	5.8	–	9.03	7.09	1.42	2.60	57.5	17.7	2.52	14.1	5.07	1.25	16	–	11	25
Structural Shapes																				
80	80	45	6	0	6.2	46	11.0	8.64	1.45	2.67	106	26.5	310	19.4	6.36	1.33	28	–	13	25
100	100	50	6	8.5	6.5	64	13.5	10.6	1.55	2.93	206	41.2	3.91	29.3	8.49	1.47	42	104	13	30
120	120	55	7	9	6.8	82	17.0	13.4	1.60	3.03	364	60.7	4.62	43.2	11.1	1.59	56	120	17	30
140	140	60	7	10	7.6	98	20.4	16.0	1.75	3.37	605	86.4	5.45	62.7	14.8	1.75	70	140	17	35
160	160	65	7.5	10.5	7.9	115	24.0	18.8	1.84	3.56	925	116	6.21	85.3	18.3	1.89	82	156	21	35
180	180	70	8	11	8.2	133	28.0	22.0	1.92	3.75	1350	150	6.95	114	22.4	2.02	96	174	21	40
200	200	75	8.5	11.5	8.5	151	32.2	25.3	2.01	3.94	1910	191	7.70	148	27.0	2.14	108	190	21	40
220	220	80	9	12.5	9.3	167	37.4	29.4	2.14	4.20	2690	245	8.48	197	33.6	2.30	122	208	21	45
240	240	85	9.5	13	9.6	184	42.3	33.2	2.23	4.39	3600	300	9.22	248	39.6	2.42	134	224	25	45
260	260	90	10	14	10.4	200	48.3	37.9	2.36	4.66	4820	371	9.99	317	47.7	2.56	146	240	25	50
280	280	95	10	15	11.2	216	53.3	41.8	2.53	5.02	6280	448	10.9	399	57.2	2.74	160	262	25	50
300	300	100	10	16	12.0	232	58.8	46.2	2.70	5.41	80.30	535	11.7	495	67.8	2.90	174	282	25	55
320	320	100	14	17.5	15.4	246	75.8	59.5	2.60	4.82	10,870	679	12.1	597	80.6	2.81	182	286	25	55
350	350	100	14	16	13.9	282	77.3	60.6	2.40	4.45	12,840	734	12.9	570	75.0	2.72	204	300	25	55
380	380	102	13.5	16	14.5	312	79.7	62.6	2.35	5.43	15,730	826	14.1	613	78.4	2.78	230	324	25	55
400	400	110	14	18	16.6	324	91.5	71.8	2.65	5.11	20,360	1020	14.9	846	102	3.04	240	344	25	60

المراجع

1. Stanley, W. Crawley & Robert, M. Dillon (1993), Steel Buildings, Analysis and Design, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

2. Vazirani, V. N. & Ratwani, M. M. (1984), Steel Structures, Analysis. Design and Details of Structures, Vol. III, Khanna Publishers, Delhi.

3. Edwin, H. Gaylord, Jr. , Charles, N. Gaylord & James, E. Stallmeyer (1992), Design of Steel Structures, 3rd Edition, McGraw-Hill, Inc.

4. Russell C. Hibbeler (1995), Structural Analysis, 3rd Edition, Prentice Hall International, Inc.

5. Robert Englekirk (1994), Steel Structures, Controlling Behavior Through Design, John Wiley & Sons, Inc.

٦.شريف فتحي الشافعي (٢٠٠٤)، تحليل و تصميم أنظمة تقوية المنشآت المعدنية، دار المريخ للنشر.

٧. شريف فتحي الشافعي (٢٠٠٣)، تقوية و حماية المنشآت المعدنية لمقاومة الرياح و الزلازل، دار الوسائط للنشر.

٨. شريف فتحي الشافعي (٢٠٠٤)، اختبار الفولاذ و معالجته الحرارية، دار الوسائط للنشر.

٩. محمود حسن متولّي (١٩٨٦)، المنشآت المعدنية ، شركة منشورات دار الراتب الجامعية، بيروت، لبنان.

١٠. حسام محمَّد غانم (١٩٨٧)، تصميم المنشآت المعدنية، شركة منشورات دار الراتب الجامعية، بيروت، لبنان.

١١. محمود صالح زعموط (٢٠٠١)، المرجع في الرسم الهندسي، دار الشرق للنشر و التوزيع، عمان: الأردن.

المحتويات